

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

THIAGO MARINHO DEL CORSO

A VISTA DO MEU PONTO
Práticas Epistêmicas, Argumentos e Explicações no Contexto
de uma Sequência de Ensino por Investigação e História da
Ciência

SÃO PAULO

2020

THIAGO MARINHO DEL CORSO

A VISTA DO MEU PONTO

Práticas Epistêmicas, Argumentos e Explicações no Contexto de uma Sequência de Ensino por Investigação e História da Ciência

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo como etapa para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Luzia Frateschi Trivelato

SÃO PAULO

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo da Publicação

Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecária da FE/USP: Nicolly Soares Leite - CRB-8/8204

Dv Del-Corso, Thiago Marinho
A VISTA DO MEU PONTO Práticas Epistêmicas,
Argumentos e Explicações no Contexto de uma
Sequência de Ensino por Investigação e História da
Ciência / Thiago Marinho Del-Corso; orientadora
Silvia Luzia Frateschi Trivelato. -- São Paulo,
2019.
257 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação
Educação Científica, Matemática e Tecnológica) --
Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo,
2019.

1. Alfabetização Científica . 2. Ensino de
Ciências por Investigação. 3. Práticas Epistêmicas.
4. Argumentação. 5. História da Ciência. I. Luzia
Frateschi Trivelato, Silvia, orient. II. Título.

Nome: DEL-CORSO, Thiago Marinho

Título: A VISTA DO MEU PONTO: Práticas Epistêmicas, Argumentos e Explicações no Contexto de uma Sequência de Ensino por Investigação e História da Ciência

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP) como etapa para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Educação Científica, Matemática e Tecnológica

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Agradecimentos

Esta foi a última parte a ser escrita para esta tese. Acho que por aflição de não agradecer à todas as pessoas que estiveram envolvidas e me apoiaram nesse longo trajeto.

Agradeço então a todos que de alguma forma me apoiaram e acreditaram e desculpas antecipadas para aqueles que mesmo tendo me apoiado não sejam trazidos aqui.

Trago alguns destaques:

À Profa. Dra. Sílvia L. Frateschi Trivelato pela valiosa orientação! Agradeço também por ter compreendido e aceitado, mas sem calar, esta minha mania de me dividir em diversas atividades, que roubavam tempo e energia do doutorado. Você foi, é, e sempre será uma figura importantíssima na minha formação profissional!

Ao meu pai, porque muito do que sou devo a você! E, em relação a esta tese, muito obrigado pela revisão! Você foi incrível! Sei que foi muito cansativo, mas foi um processo pai e filho que me mareja os olhos ao lembrar! Desculpa pelo saleiro de crases, o craseiro rrsrs.

À minha mãe, porque para além dos mimos (marmitas, patchworks, frutas picadas, provas somadas, cuidar dos meus bichos etc etc), seu apoio emocional foi imprescindível!

À minha irmazinha, que de pequena tem só o tamanho! Você é incrível e ter você como irmã me faz querer ser melhor!

À minha tia Cilinha, muito obrigado por me permitir ter usado/tomado seu apartamento como fiz. Não fosse ele, não sei como teria feito, ou mesmo se teria feito.

À tia Lucy pelo apoio.

À família Marinho: tios, tias, primos, primas, agregados, Vô (in memoriam, que falta você faz) e Vó! Vó, sua casa e pessoa são o centro dessa família, e são meu porto seguro.

Aos colegas de GEPEB, em especial à Fernanda Pardini, Marsílvio, Daniel, Maíra, Elô, Rodrigo, Nedir, João, Henrique, Enios, Vanderlei, Rosa, Paula, Denise e Márcio, pela companhia, discussões, reflexões, leituras, conversas e risadas. Agradeço também por me ajudarem na construção da ferramenta de análise e algumas das coletas de dados. E faço um agradecimento extra ao Márcio, por ter aceitado experimentar a Sequência Didática com seus estudantes, ter feito todo o tramite das permissões e ainda levar uma xícara de café nas manhãs de coleta de dados.

À Escola de Aplicação da FEUSP, Colégio Brasília e FASESP por colocar à disposição estudantes e estrutura física para a realização da experiência da Sequência Didática.

À Bia, laboratorista do Colégio Brasília que tanto ajudou e a tudo organizou.

Aos colegas professores(as) da FASESP, em especial à Lacombe, Fernanda, Eraldo, Eder, Wagner, Vitor, Bianca, Hermes, Anne Flora e Andréia, por formarem uma comunidade de prática tão humana e com a qual tanto aprendi. Andréia, obrigado pela epígrafe. Ao Alex, por ter me contratado.

Aos estudantes da FASESP, aprendi, aprendo e sempre aprenderei com e para vocês! Vocês se tornarão professores(as) incríveis!

Lucas (laboratorista) obrigado por comprar minha ideia de um laboratório aberto para os estudantes e cuidar do mesmo.

À Juliana Rossi entre tantas outras coisas pela torcida durante o processo seletivo para o Doutorado, inclusive por me aquecer nessa fase.

Léo e Rita pelos finais de semana fazendo pomodoros e outras coisas mais!

À Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron e Profa. Dra. Daniela Scarpa pela fundamental contribuição no meu exame de qualificação. Seus questionamentos conduziram boa parte do trabalho que apresento agora. À Daniela Scarpa também por ler o resumo do projeto e propor alterações que podem ter feito a diferença para o processo seletivo.

À Suzana Ursi, Luis Saito, Patricia do LabLic e novamente a Daniela Scarpa, por me emprestarem tão prontamente os Zoons por intermináveis vezes sem pestanejar.

Aos inúmeros amigxs que tenho na vida! Vocês são minha maior riqueza! Amo muito vocês. Marcus, Gu Pepo, Gu e Mu Lenzi, Renato, Santiago, Vinur, Cabeção, Milena, Dani, Corradini, Paulo, Paula, Paulão, Mumu, Yve, Wil, Flávia, Curi, Gil, Cacaoio, Mirela, Beto, Paulinho, Bruninho (valeu pelos treinos), Vitor Hugo, Rafa, Mestre, Pedro, Canellas, Robbi, Lê, Marcelinho, Paulinho, Cacaoio, Aos Canella, Marcel Bozzo (por acreditar em mim como profissional e ser humano), Nathália, Romancini, Tamara, Mirian, Dri, Filipe, Gilberto, Bárbara, Thais, Leo, Bruna, Giulia, Isa, Bofete etc etc etc. E peço desculpas pelas ausências e agradeço aqueles que insistiram em me procurar mesmo assim.

À casa da Gabi (Mariana, Milena, Gabi) pelos jantares, vinhos e fantástica companhia. E à Gabi em especial pelo apoio e compreensão sem limites!

Aos colegas do ProjetoInformação por acreditarem tanto em educação! #JuntosSempre

Ao grupo do “Teaching Brazilian Bio”, Adriano, Fer, Gabriel, Rô, Ursula, Fausto, Nathália Campos, Márcio e Nathália Helena!

À Nathalia Helena, entre outras coisas pela incrível parceria acadêmica! A qual espero ainda frutifique por muito tempo! Destaco também por me ajudar a desenvolver a SEI e na experenciação da versão piloto da mesma.

À Fabiana pelo carinho e companhia!

À Equipe LEC, Sônia, Lys, Chirstine, Marli, Camilla, Igor. Também aos estudantes! Foi incrível a oportunidade de dar aula para vocês.

(...)
**O Universo não é uma ideia minha.
A minha ideia do Universo é que é uma ideia
minha.**

1-10-1917 “Poemas Inconjuntos”. **Poemas Completos de Alberto Caeiro**. Fernando Pessoa.
(Recolha, transcrição e notas de Teresa Sobral Cunha.) Lisboa: Presença, 1994. - 135.

Resumo

DEL-CORSO, T. M. **A VISTA DO MEU PONTO: Práticas Epistêmicas, Argumentos e Explicações no Contexto de uma Sequência de Ensino por Investigação e História da Ciência.** 2020, 260 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Este trabalho parte do pressuposto de que a Alfabetização Científica (AC) consiste em um norte para o Ensino de Ciências, e que um ensino baseado nessa concepção deve ser capaz de dar aos estudantes um aprendizado sobre os principais conceitos das ciências, o conhecimento sobre a forma como se produz conhecimento científico e o que influencia esta produção, e ajudar na compreensão das inter-relações da ciência com a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Esses propósitos ficaram conhecidos como eixos estruturantes da AC, a qual é definida como o processo de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica – o que exige hibridizar as culturas científicas e escolares. Outro elemento do contexto teórico se refere às Práticas Epistêmicas (PE), para a qual nos amparamos no trabalho de Kelly e Licona (2018), que as define como ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com as quais os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento. O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) entrou tanto como parte integrante do referencial teórico deste trabalho como na elaboração da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) – já que seria a melhor forma de hibridizar as culturas escolares e científicas, principalmente no que se refere ao ensino e aprendizagem de Natureza da Ciência (NdC) e seus aspectos epistêmicos. Neste trabalho, as PE experienciadas nas salas de aulas de ciências, por emergirem dessa hibridização, foram chamadas de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Os objetivos deste trabalho contaram com a produção de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), intitulada “*O Mundo Microscópico*”. Apresentar como se deu a tessitura e articulação dos referenciais teóricos relacionados à AC, ao Sócio-construtivismo, às PE, à História da Ciência, ao EnCI (com crescente grau de liberdade das atividades investigativas na classificação de BANCHI e BELL, 2008), aos Argumentos, às Explicações e alguns Conceitos Científicos usados na elaboração da SEI também foi intenção dessa tese. Outro objetivo foi construir uma ferramenta de análise para investigar o engajamento em PECEs nas produções escritas dos estudantes que vivenciaram a SEI. Por fim houve a intenção de verificar se há relação entre o crescente grau de liberdade das atividades investigativas da SEI e o engajamento nas PECEs encontradas, com ênfase à construção de Argumentos e Explicações, quando ocorreram. Os dados empíricos foram constituídos por

relatórios produzidos por estudantes após vivenciarem a SEI na Faculdade SESI de Educação (FASESP), para turmas de Licenciatura em Ciências da Natureza em 2017, 2018 e 2019, e para as três turmas do 7º ano do Ensino Fundamental II do Colégio Brasília em 2018. Para a análise qualitativa desses relatórios foi construída uma ferramenta de verificação do engajamento em PECEs, e isso constituiu outro dos objetivos desta tese. Sua proposição partiu do exercício de agrupar exemplos de PE, de trabalhos da área, juntamente com as competências gerais e específicas para o letramento científico do PISA (2015) e as práticas científicas do NRC (2012), quando essas apresentassem redação diferente, mas sentidos epistêmicos iguais. Cada um dos 24 conjuntos forma uma PECE que recebe então uma formulação representativa e uma rubrica de identificação do engajamento. Nas 146 produções analisadas foram encontradas 1.418 evidências de engajamento em PECEs. Esses resultados são apresentados em dois formatos diferentes: o primeiro é mais extensivo, descrevendo o trabalho interpretativo e trazendo as justificativas que permitiram identificar as PECEs; o outro traz uma sistematização na forma de quadros, tabelas e gráficos. As possíveis contribuições desta tese são divididas em aportes para duas linhas principais: a primeira se refere à proposição de subsídios para a construção de SEIs, relacionada então a como promover a AC; a segunda possível contribuição é a proposição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs, relacionada então a como verificar a AC. Um resultado indireto que derivou da identificação das PECEs foi o desenvolvimento de um método para diferenciar Explicações de Argumentos.

Palavras-chave: Alfabetização Científica; Ensino de Ciências por Investigação; Práticas Epistêmicas; História da Ciência; Explicação; Argumento.

Abstract

DEL-CORSO, T. M. **THE VIEW OF MY POINT: Epistemic Practices, Arguments, and Explanations in the Context of a Inquiry Teaching Sequence and History of Science.** 2020, 260 p. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

This work assumes that Scientific Literacy (SL) is a science teaching direction, and that teaching based on this conception should be able to give students a learning about the main concepts of science, knowledge about how scientific knowledge is produced and what influences this production, and help in understanding the interrelationships of science with technology, society and the environment. These purposes became known as the structuring axes of SL, which is defined as the process of inserting individuals into scientific culture - which requires hybridizing scientific and school cultures. Another element of the theoretical context refers to Epistemic Practices (EP), which we support in the work of Kelly and Licona (2018), which defines them as socially organized and interactively performed actions with which members of a group propose, communicate, evaluate and legitimize the construction of knowledge. The Inquiry-based Science Education (IBSE) was part of both the theoretical framework of this work and the elaboration of the Inquiry Teaching Sequence (ITS) - as it would be the best way to hybridize the school and scientific cultures, especially with regard to teaching and learning. Nature of Science (NOS) learning and its epistemic aspects. In this paper, EP performed in the science classrooms, as they emerge from this hybridization, were called Epistemic Scientific School Practices (ESSPs). The objectives of this work were the production of a Inquiry Teaching Sequence (ITS) entitled "*The Microscopic World*". To present how the weaving and articulation of theoretical references related to SL, Socio-constructivism, EP, History of Science, IBSE (with its activities scaling the research levels of BANCHI and BELL, 2008), Arguments, Explanations and some Scientific Concepts was also the intention of this thesis. Another objective was to build an analysis a tool to inquire the engagement in PECEs in the written productions of students who experienced the ITS. Another objective was to build an analysis a tool to verify the engagement in ESSPs in the written productions of students who experienced the ITS. Finally, the intention was to verify whether there is a relationship between the increasing degree of freedom of ITS investigative activities and the engagement in the ESSPs found, with emphasis on the construction of Arguments and Explanations, when they occurred. Finally, the intention was to investigate whether the relationship between the increasing degree of freedom of ITS investigative activities and

engagement in the ESSPs found, with emphasis on the construction of Arguments and Explanations, when they occurred. The empirical data consisted of reports produced by students after application of ITS at the Faculdade SESI de Educação (FASESP), for Natural Science Degree in 2017, 2018 and 2019, and for the three classes of the 7th grade of Elementary School II of Colégio Brasília in 2018. For the qualitative analysis of these reports, a ESSPs engagement verification tool was built, and this constituted another of the objectives of this thesis. His proposition came from the exercise of grouping examples of PE, from works in the area, together with the general and specific competences for scientific literacy of PISA (2015) and scientific practices of NRC (2012), when they had different wording but equal epistemic meanings. Each of the 24 sets forms an ESSPs which then receives a representative formulation and an engagement identification rubric. In the 146 productions analyzed, 1,418 evidences of engagement in ESSPs were found. These results are presented in two different formats: the first is more extensive, describing the interpretative work and bringing the justifications that allowed to identify the ESSPs; the other brings a systematization in the form of charts, tables and graphs. The possible contributions of this thesis are divided into contributions for two main lines: the first refers to the proposition of subsidies for the construction of the ITS, related to how to promote SL; the second possible contribution is the proposition of the engagement analysis tool in ESSPs, related to how to verify SL. An indirect result derived from the identification of ESSPs was the development of a method to differentiate Explanations of Arguments.

Keywords: Scientific Literacy; Inquiry-based Science Education; Epistemic Practices; History of science; Explanation; Argument.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da hibridização das culturas escolares e científicas formando as Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).	49
Figura 2 - Esquema representativo da hibridização das culturas científicas e escolares segundo Scarpa (2009).	52
Figura 3 - Interpretação gráfica de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) sobre a argumentação como forma de pensar cientificamente e forma como o conhecimento científico é produzido. ...	70
Figura 4 - Mapa conceitual de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) com as possíveis contribuições da Argumentação.	74
Figura 5 - Modelo ou layout de Argumento de Toulmin (2006), às vezes chamado de Padrão de Argumento de Toulmin ou TAP (do inglês <i>Toulmin's Argument Pattern</i>).	78
Figura 6 - Proposta de Erduran et al. (2004) para um TAP (do inglês <i>Toulmin's Argument Pattern</i>) com simplificações que ignoram a natureza da justificativa.	79
Figura 7 - Exemplo de Argumento estruturado segundo o TAP de Toulmin (2006) retirado de Jiménez-Aleixandre et al. (2009).	80
Figura 9 - Croqui da sala ambiente onde ocorreram parte das aulas da turma do 2º ano II participante da pesquisa na EA-USP.	95
Figura 10 - Croqui da sala de aula da Faculdade de Educação da USP (FEUSP) onde ocorreu a terceira aula da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” e foram agrupados os 2ºs anos I e II.	95
Figura 11 - Croqui do laboratório de Biologia da Faculdade SESI-SP de Educação onde ocorreu a experiência da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	97
Figura 12 - Croqui do laboratório do Colégio Brasília onde transcorreu a experiência da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	98
Figura 13 - Ensino de Ciências por Investigação aliando a Alfabetização Científica e o Paradigma Sócio-Construtivista	104
Figura 14 - Ilustração dos fios da trama e urdume que compõem um tecido.	124
Figura 15 - Estrutura/esqueleto do Ciclo Investigativo de Pedaste et al. (2015).	132
Figura 16 - Estrutura ilustrativa do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)	139
Figura 17 - Etapa 1 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).	141
Figura 18 - Etapas 1 e 2 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).	144
Figura 19 - Figura ilustrativa das modificações na descrição do significado de letramento científico para o PISA entre 2000 a 2015.	155
Figura 20 - Etapas 1 a 3 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).	161
Figura 21 - Etapas 1 a 4 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).	164
Figura 22 - Estrutura ilustrativa do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)	165
Figura 23 - Primeiro exemplo explicativo do código de nomeação adotado para relatórios	187
Figura 24 - Segundo exemplo explicativo do código de nomeação adotado para relatórios	187

Figura 25 - Estrutura do <i>Continuum</i> EE (Evidência-Explicação) de Kelly e Duschl (2002, p. 51)	188
Figura 26 - Argumento presente na discussão dos resultados feitas pelos(as) estudantes no relatório Rat1_CB_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006).....	196
Figura 27 - Argumento presente na discussão dos resultados feito pelos(as) estudantes no relatório Rat1_FS17_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006).....	208
Figura 28 - Argumento construído a partir da articulação entre os trechos dos tópicos “3. Resultados e Discussão” e “4. Conclusão ” do relatório Rat1_FS17_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006).....	209
Figura 29 - Representação Esquemática do EnCI e os Eixos Estruturantes da AC	246
Figura 1 - Aparato usado como modelo de submarino na aula/atividade dois - “Aula 2: “O Problema do Submarino” – do Colégio Brasília	352
Figura 2 - Foto das amostras de tecido fornecidas para a investigação da aula/atividade três - “Aula 3: “ <i>Leeuwenhoeck e os tecidos (têxteis)</i> ”, após os estudantes prepararem o Rat3_CB_01	355
Figura 3 - Conclusão formulada pelos estudantes no relatório Rat3_CB_01 reestruturada segundo o layout de Toulmin (2006).....	359
Figura 4 - Argumento formulado pelos estudantes no relatório Rat3_FS19_01 reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006).....	366
Figura 5 - Desenhos, feitos pelos estudantes no Rat3_CB_01, das amostras de tecido fornecidas para a investigação da aula/atividade três - “Aula 3: “ <i>Leeuwenhoeck e os tecidos (têxteis)</i> ” ...	368
Figura 6 - Exemplos colados de diferentes materiais usados para fazer fios de tecidos (têxteis) no Rat3_FS19_03.	371
Figura 7 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_CB_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006).....	389
Figura 8 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_CB_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006).....	390
Figura 9 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_FS18_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006):	397

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos da base de dados SciELO, escritos em português, ordenados do mais antigo ao mais novo e que apresentaram um dos termos “Scientific Literacy” ou “Science Literacy”.....	40
Quadro 2 - Apresentação da classificação de Banchi e Bell (2008) dos quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.	64
Quadro 3 - Níveis de Investigação adaptados de Schwab (1962) e usado por Buck et al. (2008) e Banchi e Bell (2008).....	64
Quadro 4 - Critérios da busca inicial de artigos relacionados à Explicação no periódico <i>Science Education</i>	85
Quadro 5 - Síntese das fases e subfases da estrutura de aprendizagem baseada em investigação de Pedaste et al. (2015).....	131
Quadro 6 - Quadro com a referência do trabalho de origem das Práticas Epistêmicas ou científicas e seu código de identificação.....	142

Quadro 7 - Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas para a educação científica em abordagem disciplinar investigativa de Kelly e Licona (2018).....	145
Quadro 8 - Práticas Sociais e Epistêmicas segundo Araújo (2008).	146
Quadro 9 - Práticas Sociais e Epistêmicas e rubricas de verificação de engajamento segundo Gerolin (2017).	148
Quadro 10 - Práticas Sociais, Epistêmicas Gerais e Específicas relacionadas à construção do conhecimento Científico segundo Jiménez-Aleixandre et al. (2008).....	150
Quadro 11 - Práticas Sociais, Epistêmicas Gerais e Específicas relacionadas à construção do conhecimento Científico segundo Silva (2008).	151
Quadro 12 - Práticas de construção do conhecimento científico em sala de aula de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010).	152
Quadro 13 - Síntese de Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) das práticas científicas do PISA (2005).....	153
Quadro 14 - Associação dos três domínios ou esferas de NRC (2012) com as três competências científicas do esquema do PISA (2015), segundo Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017)	153
Quadro 15 - Competências Gerais do PISA 2015 e suas inter-relações com quatro diferentes componentes ou dimensões do letramento científico (Contextos, Competências, Atitudes e Conhecimentos).....	156
Quadro 16 - Competências gerais e específicas requeridas para o letramento científico segundo o PISA (2015).....	156
Quadro 17 - As oito práticas científicas propostas pelo NRC (2012).	160
Quadro 18 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Proposição/Produção do conhecimento científico.....	166
Quadro 19 – Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Comunicação do conhecimento científico.....	169
Quadro 20 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Avaliação do conhecimento científico.....	172
Quadro 21 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Legitimação do conhecimento científico.....	175
Quadro 22 - Proposta para diferenciar Explicações de Argumentos (DEL-CORSO e TRIVELATO, 2017).....	179
Quadro 23 - Novo método para diferenciar Argumentos de Explicações.....	182
Quadro 24 - Relatórios tomados para a análise descritiva da experientiação dos procedimentos de identificação das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).....	189
Quadro 1: Quadro completo com todos os artigos publicados na base de dados da SciELO que contivessem o termo <i>Scientific Literacy</i>	266
Quadro 2: Quadro com a Lista (1) inicial com o compilado de Práticas Epistêmicas (PE) dos trabalhos de referência.....	310
Quadro 3: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Proposição/Produção do conhecimento científico com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.....	322

Quadro 4: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Comunicação do conhecimento científico com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.....	327
Quadro 5: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Avaliação do conhecimento científico com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.....	330
Quadro 6: Lista dois (2) com os grupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Legitimação do conhecimento científico com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.....	333
Quadro 7: Práticas Epistêmicas (PE) da Lista (1) inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE) ” que não foram agrupadas ou encaixadas sob nenhuma das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” pelos integrantes do GEPEB.....	335
Quadro 8: Ajuste, adaptação e acomodação de Práticas Epistêmicas (PE) para/na composição das Práticas Epistêmicas Científico Escolares (PECEs) de “Construção de Dados (P04) “ e “Construção de Evidências (P05) ”	337
Quadro 9: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Explicar fenômenos cientificamente - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs	338
Quadro 10: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Avaliar e planejar experimentos científicos - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs	339
Quadro 11: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Interpretar dados e evidências cientificamente - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs.....	340
Quadro 12: Disposição, ajustes e adaptações aplicados as Práticas científicas propostas pelo NRC (2012), para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs.....	341
Quadro 13: Recorte da primeira parte da Segunda Lista (2) de PE com o agrupamento “Construção de Evidências (P05) ” para exemplificar metodologia de verificação dos agrupamentos.....	344

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de resultados encontrados para os termos “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico” e “Enculturação Científica” em diferentes bases de dados acadêmicos no dia 22/05/2017.....	38
Tabela 2 - Quantidade de artigos e artigos com o maior número de citações, entre 1998-2016, relacionados à Explicação (<i>Explanation</i>), encontrados nos periódicos <i>Science Education</i> , <i>International Journal of Science Education</i> e <i>Journal of Research in Science Teaching</i>	84
Tabela 3 - Quantidade de artigos encontrados na revista <i>Science Education</i> que apresentava alguma das termos-chave referentes à Explicação.....	85

Tabela 4 - Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras chave ‘ <i>explanation</i> ’, ‘ <i>explain</i> ’, ‘ <i>explained</i> ’, ‘ <i>explaining</i> ’ ou ‘ <i>explanatory</i> ’ considerados válidos e excluídos.....	86
Tabela 5 - Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras buscadas relacionadas à Explicação, e com sentido válido, por local onde se encontrava	86
Tabela 6 - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	214
Tabela 6 (parte II) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	215
Tabela 6 (parte III) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	216
Tabela 6 (parte IV) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	217
Tabela 6 (parte V) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	218
Tabela 6 (parte VI) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	219
Tabela 6 (parte VII) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	220
Tabela 6 (parte VIII) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	221
Tabela 6 (parte IX) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	222
Tabela 6 (parte X) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes	

após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.	223
Tabela 6 (parte XI) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.	224
Tabela 7 - Número de relatórios produzidos após cada aula/atividade da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	225
Tabela 8 - Quantidades de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nas produções escritas (relatórios) produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.	226
Tabela 9 - Frequências das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades que compõem a SEI.	229
Tabela 10 - Número de relatórios produzidos após cada atividade da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” com evidência de engajamento nas PECEs C02, C03 ou ambas.	235
Tabela 11 - Frequências das PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação organizadas por atividade da SEI.	239
Tabela 1: Confronto da distribuição das Práticas Epistêmicas (PE) de acordo com a disposição nos trabalhos tomados como referência e conforme os integrantes do GEPEB e opinião inicial do autor da tese, sob cada uma das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas	345

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual dos entrevistados segundo o interesse declarado em Ciência e Tecnologia (C&T) e outros temas, 2015.	22
Gráfico 2 - Apresenta a quantidade de artigos em que “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico”, “Enculturação Científica” e “Divulgação Científica” são traduzidos do português para o inglês como “Scientific Literacy” ou “Science Literacy”.	41
Gráfico 3 - Publicações de artigos sobre argumentação, de 1998 a 2014, nos periódicos <i>Science Education</i> (SE), <i>International Journal of Science Education</i> (IJSE), and <i>Journal of Research in Science Teaching</i> (JRST).	75
Gráfico 4 - Número de artigos envolvendo Explicação publicados por ano entre 1998 e 2016 na revista <i>Science Education</i> .	87
Gráfico 5 - Frequência das PECEs na SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	230
Gráfico 6 - Frequência média das PECEs na SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” por Prática Epistêmica Geral	238
Gráfico 7 - Frequências gerais das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares em relação aos níveis de investigação das atividades investigativas	242

Sumário

1.	Introdução	22
1.1	A Alfabetização Científica (AC) e o Sócio-Construtivismo	27
1.1.1.	Um pouco de História da Alfabetização Científica (AC)	32
1.1.2.	A Polissemia de termos da ideia de Alfabetização Científica (AC).....	36
1.1.3.	Investigando a Consolidação do termo Alfabetização Científica (AC).....	37
1.1.4.	Os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica (AC)	43
1.2	Práticas Epistêmicas	44
1.2.1.	Mas o que são Práticas Epistêmicas (PE) ou em busca de uma definição? ...	46
1.2.2	Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).....	48
1.3	Ensino de Ciências por Investigação (EnCI)	55
1.3.1.	Como podemos caracterizar o ensino e aprendizagem de ciências por investigação?	59
1.3.2	Níveis de Investigação em Sequências de Ensino por Investigação (SEIs)	62
1.3.3	Caracterizando uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI).....	65
1.4	Argumentação	68
1.4.1	Caracterizando Argumento e Argumentação	68
1.4.3	Importância da Argumentação no Ensino de Ciências	70
1.4.2	O Modelo de Toulmin	77
1.5	Explicação	81
1.5.1.	Um panorama das publicações sobre Explicações na revista <i>Science Education</i> entre (1998 a 2016)	83
2.	Objetivos.....	89
3.	O universo da pesquisa e a tomada de dados.....	92
3.1	Experiência Piloto da SEI na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP)	93
3.2	A Experiência da SEI na Faculdade SESI-SP de Educação (FASESP).....	96
3.3	A Experiência da SEI no Colégio Brasília	97
3.4	Registro Sistemático das Experiências. Compendo um banco de dados	99
3.4.1	Exemplo do Quadro Geral de Registro das Experiências da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	100
3.5	Padrões éticos na pesquisa em educação.....	101
3.6	Análise Qualitativa ou Procedimentos metodológicos – aspectos gerais	101
4.	A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	104
4.1	Diferentes versões da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	106
4.1.1	Quadro simplificado da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” experienciada na EAFEUSP.....	107
4.1.2	Quadro simplificado da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” experienciada na FASESP.....	109
4.1.3	Quadro simplificado da SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” experienciada no Colégio Brasília.....	112
4.2	A construção da SEI.....	115
4.3	Análise: a SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” é mesmo investigativa?	130
4.3.1	Analisando a aula/atividade 1 – “ <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ” segundo o ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015).....	133
5.	A construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).....	137
5.1	Etapa 1: A escolha dos trabalhos de referência sobre PE usados na construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).....	141
5.2.	Etapa 2: Apresentação dos trabalhos de referência sobre PE compilados e usados na construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).....	144

5.3. Etapa 3: Agrupamento das PE dos trabalhos de referência com redações unificadoras e rubricas.....	160
5.4 Etapa 4: Verificação da lista 2 de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) com os trabalhos de referência sobre PE em relação à sua disposição sob as “PE Gerais” -- Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico.	163
5.5. Etapa 5: Usando a Lista 3 como uma lente para olhar os dados empíricos e construir a ferramenta de análise do engajamento em PECEs.	164
5.6 Apresentação da ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) com proposta de redação unificadora e rubrica.....	165
6. Diferenciando Argumentos de Explicações.....	178
7. Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” – Análises e Resultados .184	
7.1 Análises dissertativas dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”	189
7.1.1 Análises dissertativas dos relatórios da primeira atividade “ <i>Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ”	190
7.1.1.1 Análise dissertativa do relatório da primeira atividade “ <i>Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ” do 7oA do Colégio Brasília.....	190
7.1.1.2 Análise dissertativa do relatório da atividade 1 “ <i>Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ”, da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.....	204
7.2 Sistematização das análises dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ” no que tange ao engajamento em PECEs.....	212
7.2.1 Tabela com as PECEs encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	213
7.2.2 Análises das quantidades e da frequência de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nas produções escritas (relatórios) produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI “ <i>O Mundo Microscópico</i> ”.....	225
8. <i>A Vista do Meu Ponto</i>	244
8.1 Todas elas juntas (respondendo as questões de pesquisa).	250
Referências	251
APÊNDICE A: Quadro completo com todos os artigos publicados na base de dados da SciELO que contivessem o termo <i>Scientific Literacy</i>	266
APÊNDICE B: Materiais da aula/atividade 1 - <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> da versão aplicada na FASESP.....	272
APÊNDICE C: Materiais da aula/atividade 2 - Densidade X Flutuabilidade da versão aplicada na FASESP.....	280
APÊNDICE D: Materiais da aula/atividade 3 - Aula/atividade 3 - <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i> da versão aplicada na FASESP	286
APÊNDICE E: Materiais da aula/atividade 4 - Aula/atividade 4 - <i>Robert Hooke e a Cortiça</i> da versão aplicada na FASESP	288
APÊNDICE G: Materiais da aula/atividade 3 - Aula/atividade 3 - <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i> da versão aplicadas no Colégio Brasília	301
APÊNDICE H: Materiais da aula/atividade 4 - Aula/atividade 4 - <i>Robert Hooke e a Cortiça</i> da versão aplicadas no Colégio Brasília	308

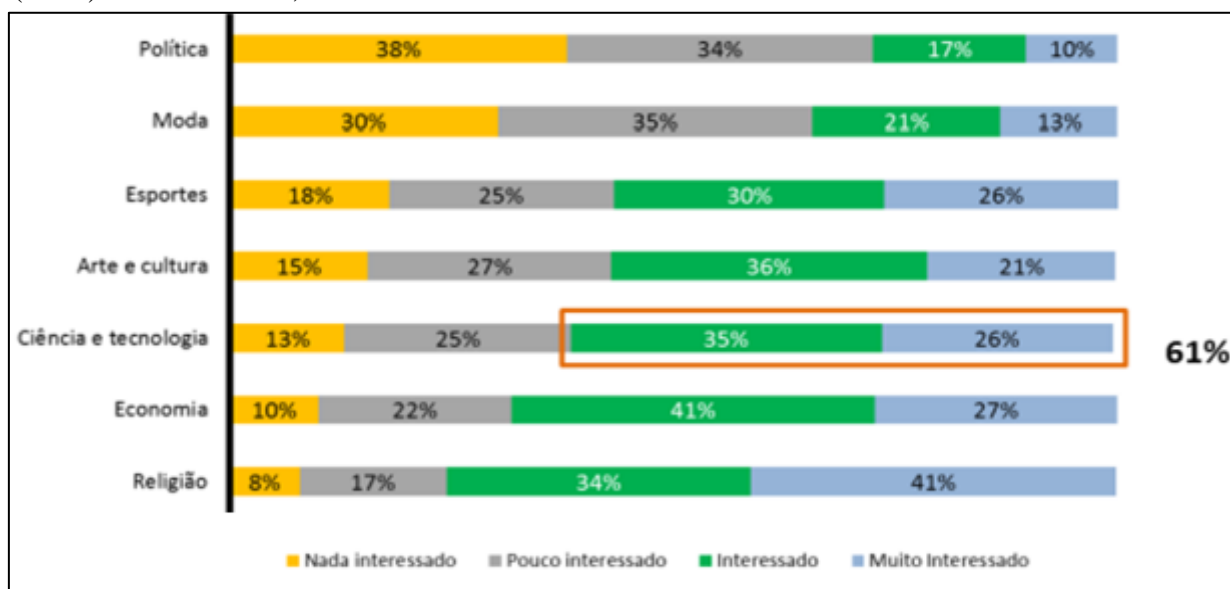
APÊNDICE I: Lista (1) inicial com o compilado de Práticas Epistêmicas (PE) dos trabalhos de referência.....	310
APÊNDICE J: Segunda Lista (2) de PE com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas” e proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica	322
APÊNDICE K: Transformações da segunda Lista (2) após ressubmeter ao GEPEB335	
APÊNDICE L: Detalhamento do procedimento de verificação da lista dois (2) de Práticas Epistêmicas Científico Escolares (PECEs) com os trabalhos de referência sobre PE em relação a disposição sob as “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico -.....	343
APÊNDICE M: Continuação do tópico 7.1 Análises dissertativas dos relatórios produzidos pelos estudantes após vivenciarem à Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “O Mundo Microscópico” acerca do engajamento em PECEs	349
7.1.2 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade dois – “Aula 2 - Densidade X Flutuabilidade” (FASESP) e “Aula 2: “O Problema do Submarino”- (Colégio Brasília)	349
7.1.2.1 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade dois - “Aula 2: “O Problema do Submarino”- do 7ºB do Colégio Brasília.....	350
7.1.3 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) ”	354
7.1.3.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) ” – do 7ºA do Colégio Brasília	354
7.1.3.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) ” – da turma de 2019 da FASESP.....	361
7.1.4 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”	371
7.1.4.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- do 7ºA do Colégio Brasília	371
7.1.4.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.....	377
7.1.5 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade cinco - “Atividade investigativa 5: “Investigando como no Micrographia”	385
7.1.5.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”– do 7ºA do Colégio Brasília	385
7.1.5.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”– da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.	393
ANEXO A: Trabalho sobre Explicação na Educação Científica publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4611-4616”	399
ANEXO B: Pôster do trabalho sobre Explicação na Educação Científica publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4611-4616”	405
ANEXO C: Quadro Geral de Registro das Aplicações da SEI “O Mundo Microscópico“	406
ANEXO D: Modelos de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).418	
ANEXO E: Versão Piloto da SEI “O Mundo Microscópico” publicada no “Encontro de Ensino de Ciências por Investigação – EnECI 2017”.....	421
ANEXO F: Versão final da SEI “O Mundo Microscópico” publicada no “-“ Encontro de História e Filosofia da Biologia 2019”	423

ANEXO G: Trabalho sobre Robert Hooke e a Pulga publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 3623-3629” e pôster da apresentação no evento	431
ANEXO H: Trabalho sobre a diferenciação entre Argumentos e Explicações publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4617-4622” e pôster da apresentação no evento	438
ANEXO I: Relatórios produzidos pelos estudantes após vivenciarem a SEI “<i>O Mundo Microscópico</i>”	445
Rat1_CB_01	445
Rat1_FS17_01	448
Rat2_CB_01	452
Rat3_CB_01	453
Rat3_CB_19	457
Rat3_FS19_01	460
Rat4_CB_01	464
Rat4_FS19_01	468
Rat4_FS19_03	478
Rat4_FS19_04	481
Rat5_CB_01	486
Rat5_FS18_01	489

1. Introdução

Os temas científicos estão cada vez mais presentes em nossa vida, desde aqueles relacionados ao âmbito pessoal de saúde, alimentação e doenças, até aqueles mais amplos como a mudança de leis ambientais, a falta de água (seus motivos e consequências, a construção de usinas hidrelétricas, a poluição dos aquíferos), o aquecimento global, os transgênicos, a pesquisa com células-tronco embrionárias, a reciclagem do lixo, entre outros. Esses assuntos evidenciam o quanto o conhecimento científico se relaciona a questões sociais, ambientais e econômicas. Vale ressaltar também que, de acordo com um amplo estudo feito pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2015), sobre a percepção pública da Ciência e Tecnologia (C&T), 61% dos brasileiros dizem ser interessados ou muito interessados em C&T, uma média maior que para o tema Esportes (56%) e bem maior que para Moda (34%) ou Política (28%). Os níveis médios de interesse declarados pelos brasileiros são comparáveis ou superiores às médias da maioria dos países -- por exemplo, na União Europeia (EU), onde 53% se declararam interessados.

Gráfico 1 - Percentual dos entrevistados segundo o interesse declarado em Ciência e Tecnologia (C&T) e outros temas, 2015.



Fonte: CGEE (2015).

Apesar do declarado interesse dos brasileiros sobre C&T, o estudo (CGEE, 2015) afirma que eles continuam tendo escasso acesso à informação científica e tecnológica, especialmente nas camadas sociais de menor escolaridade e renda – para as quais a principal fonte de informação ainda é a televisão (70%). O estudo destaca também que o uso da internet e das redes sociais como

fonte de informação sobre C&T mais que dobrou entre 2006 e 2015, passando de 23% para 48%. Segundo Norris et al. (2003) as principais fontes de informações sobre os temas científicos são jornais, televisão, revistas (não especializadas) e internet. O conhecimento científico trazido à população pelos meios anteriormente apresentados são, comumente, entendidos como verdades incontestáveis. Essa infalibilidade denota que a forma como a população recebe informações sobre ciência e tecnologia é muito contestável. Sasseron (2008) afirma que a população está suscetível aos benefícios e prejuízos que os avanços científicos e tecnológicos são capazes de lhes trazer. Por isso, deveria ser esperado que a população pudesse estar ciente de como a ciência, e principalmente seus conhecimentos e aplicações, chegam até ela e, para isso, tivessem esclarecimento e discernimento suficientes para perceber, entender e julgar as novidades científico-tecnológicas a que têm acesso no que poderíamos chamar de Alfabetização Científica (AC).

O termo “cientificamente comprovado” usado por esses meios de comunicação denota a infalibilidade associada aos conteúdos e estudos científicos divulgados e também, como apontado por Sasseron (2008), mostra que a forma como a população recebe informações sobre ciência e tecnologia, assim como o conhecimento de como sua vida pode ser afetada pelos avanços trazidos pelo amplo conhecimento científico que ora possuímos, é muito contestável. O próprio estereótipo do cientista, geralmente apresentado como um “gênio maluco”, de óculos e cabelo despenteado e encarcerado num laboratório, à margem da sociedade, realizando um trabalho metódico, mas com *insights* e rompantes de genialidade, é bastante distorcido (SASSERON et al., 2013).

Somando-se a visão da ciência como uma verdade incontestável com a percepção estereotipada do cientista, mais a baixa confiabilidade das formas de acesso ao conhecimento científico, mais o desconhecimento de como a ciência é produzida, pode-se considerar que a sociedade tem uma visão alienada da ciência. Isso ocorre mesmo com a população tendo declarado interesse sobre o assunto e havendo percepção de que a ciência permeia a vida das pessoas em todos os momentos de suas vidas -- das atividades mais corriqueiras às mais polêmicas, entendam elas ou não os conceitos e consequências envolvidos em cada situação.

Como superar então a visão alienada que a sociedade tem da ciência? Como diminuir a distância entre o conhecimento científico e os problemas cotidianos da maioria das pessoas? Como instrumentalizar as pessoas para a tomada consciente de decisões acerca de temas científicos e sócio-científicos? Como melhorar o ensino de ciências no Brasil, que tem recebido recorrentemente péssimos resultados nos exames de avaliação externos como o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA, 2012) -- quando obteve o 57º lugar entre 63 países

avaliados? Em relação ao último, mais preocupante ainda são as péssimas notas recebidas, em que apesar da melhora de 9% desde a primeira avaliação, foram apenas 405 pontos, sendo 500 pontos a média dos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos).

Antes de se debruçar sobre as questões acima, é importante dizer que, tanto o ensino de ciências está em constante transformação, assim como a própria ciência. Uma vez que novos conhecimentos científicos estão constantemente sendo produzidos, a compreensão sobre o processo de criação destes conhecimentos, assim como as concepções sobre como se dá a aprendizagem, também vem mudando. Outro ponto a se fazer notar é que, ao dizer que o conhecimento científico é produzido e não descoberto, dá-se aí uma primeira pista de que este trabalho se alinha com as teorias construtivistas e não empírico-positivistas.

O processo de Alfabetização Científica (AC) é apontado na literatura atual como condição fundamental para que os indivíduos participem de forma crítica e consciente na sociedade contemporânea (DRIVER, NEWTON e OSBORNE, 2000; CAPECCHI e CARVALHO 2006; CARVALHO, 2007), podendo ser considerado como um norte, uma referência, para o ensino de ciências e uma resposta às questões anteriores.

No preâmbulo desse trabalho alegou-se que a sociedade brasileira se interessa por ciências, mas tem uma visão deturpada da mesma. Alegou-se também que o ensino de ciências deve auxiliar os indivíduos a compreender como se dá a construção do conhecimento científico, quais as inter-relações deste com a sociedade, o ambiente e a tecnologia, além de adquirir conhecimentos científicos básicos e estruturantes – tudo isso de forma que os cidadãos consigam consumir, usar e considerar as ciências em suas vidas, participando de forma crítica e consciente na sociedade. Entendemos que almejar tudo isso significa construir um ensino que promova a Alfabetização Científica (AC) em seus três eixos estruturantes. Também, porque não, melhorar o desempenho nacional em avaliações externas, como o PISA.

O primeiro sub-tópico (1.1), após o preâmbulo, versa sobre dois pressupostos teóricos adotados neste trabalho: a visão sócio-construtivista sobre o processo de ensino-aprendizagem, e o entendimento de que a ciência é uma cultura e a Alfabetização Científica (AC) um caminho para se acessar, conhecer, compreender e transitar por esta cultura. Em relação à Alfabetização Científica (AC) é feito um breve resgate histórico do ensino de ciências e a tomada da AC como uma possibilidade para este ensino. Depois ocorre uma discussão sobre o que se entende por AC, passando inclusive pela polêmica envolvendo a polissemia de termos que envolve essa ideia na

literatura especializada em português – Alfabetização Científica, Letramento Científico ou Enculturação Científica. Por fim são apresentados os três eixos estruturantes da AC.

O segundo sub-tópico da introdução (1.2) apresenta e discorre sobre as Práticas Epistêmicas (PE), que se não são uma ideia nova, foram recentemente muito valorizadas na literatura da área. Esse tópico apresenta algumas considerações sobre as bases teóricas que alicerçam as PE e a importância dessas para um Ensino de Ciências que almeja a Alfabetização Científica. Nessa seara são apresentados argumentos para justificar a ideia de que as PE se articulam particularmente bem com o segundo eixo da AC, já que versam sobre como se dá a construção do conhecimento científico: proposição, comunicação, avaliação e legitimação. Nesse tópico também se propõe o termo Práticas Epistêmicas Científico-Escolares, e a sigla PECEs, para representar as Práticas Epistêmicas (PE) verificadas nas salas de aula.

O terceiro sub-tópico da introdução (1.3) apresenta o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) como estratégia didática e referencial teórico, discorrendo um pouco sobre o que o caracteriza, suas vantagens, limitações, sua valorização em documentos balizadores do ensino e desafios para implementação. Nesse tópico são caracterizadas as Sequências de Ensino por Investigação (SEI) e apresentadas classificações das atividades investigativas relacionadas a graus crescentes de liberdade fornecidos aos estudantes. Também é trazida a ideia de que seria favorável a implementação de SEIs em que as atividades fossem encadeadas respeitando uma progressão, de modo que os estudantes escalonem esses níveis com cada vez mais autonomia nas investigações.

O quarto sub-tópico da introdução (1.4) discorre sobre a importância da Argumentação e apresenta o Padrão de Argumento de Toulmin (2006) ou TAP (do inglês *Toulmin's Argument Pattern*), que é amplamente utilizado na área do ensino de ciências. A quinta e última parte da introdução (1.5) versa sobre a importância da Explicação no ensino de ciências, trazendo inclusive uma revisão que aponta o panorama das publicações sobre Explicações na revista *Science Education* entre (1998 a 2016).

Após a introdução, no segundo tópico (2. Objetivos) este trabalho retoma brevemente o contexto teórico e apresenta os objetivos e questões da investigação. Os objetivos desse trabalho perpassam a produção de uma sequência didática, intitulada “*O Mundo Microscópico*”, baseada nos preceitos do Ensino por Investigação (EnCI) com aulas/atividades com graus crescentes de níveis de investigação e pano de fundo baseado em História da Ciência. Também e principalmente analisa as produções dos estudantes, que vivenciaram a Sequência de Ensino por Investigação

(SEI) “*O Mundo Microscópico*”, em busca de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Questiona-se também a relação entre o crescente grau de liberdade das atividades investigativas da SEI e das PECEs e faz-se um olhar mais apurado para as PECEs relacionadas a construção de Argumentos e Explicações, quando ocorreram.

O terceiro capítulo (3. O universo da pesquisa e a tomada de dados) caracteriza a pesquisa como qualitativa e apresenta as três instituições diferentes aonde a SEI “*O Mundo Microscópico*” foi experienciada, seus públicos, professores(as) e características, seja em sua versão piloto ou na versão definitiva da qual derivam os dados empíricos desta pesquisa. A primeira experiência, da versão piloto da SEI, ocorreu na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação (EAFEUSP) em 2016. Uma segunda versão, já modificada, após análise não sistemática da primeira experiência, foi desenvolvida na Faculdade SESI de Educação para turmas de Licenciatura em Ciências da Natureza em 2017, 2018 e 2019. Por fim a SEI foi adaptada e experienciada pelas turmas do 7º ano do Ensino Fundamental II do Colégio Brasília em 2018. Este capítulo apresenta também a maneira como foram organizados e sistematizados os registros dessas experiências para compor um banco de dados para o GEPEB (Grupo de Pesquisa e Estudos no Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, FEUSP, sob a coordenação da Profa. Dra. Sílvia L. F. Trivelato).

O quarto capítulo da tese (4.) apresenta as diferentes versões da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*”, discorre os aspectos de sua construção e faz uma análise usando o ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015) como referência. A construção da SEI adquire, nesse caso, um caráter teórico-metodológico, já que constitui por si só um resultado desse trabalho. Nesse capítulo são mostrados como os referenciais teóricos relacionados à Alfabetização Científica (AC), ao Sócio-construtivismo, às Práticas Epistêmicas (PE), ao Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), à História da Ciência, aos Argumentos, Explicações e alguns Conceitos Científicos, foram articulados para compor a SEI.

O quinto capítulo (5.) apresenta as seis etapas da construção de uma ferramenta de análise para identificar a emergência das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) nos relatórios produzidos pelos estudantes após vivenciarem a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”.

No sexto capítulo da tese (6.) são apresentadas as metodologias utilizadas para diferenciar Argumentos de Explicações, já que de acordo com Osborne e Patterson (2011), tanto a elaboração de Argumentos como de Explicações são Práticas Epistêmicas (PE) científicas importantes.

Acontece que de acordo com esses autores faltaria clareza na distinção entre as duas e seria necessário diferenciá-las. A falta de distinção seria uma fraqueza da área. Os autores argumentam que há uma confusão na literatura especializada, que se transporia para o ensino de ciências na consideração do que é um “Argumento” e do que é uma “Explicação”. Os trabalhos de Del-Corso e Trivelato (2015 e 2017) apresentam uma metodologia para diferenciar Argumentos e Explicações. O trabalho de Meyer e El-Hani (2005) foi usado complementarmente na busca por diferenciar Argumentos de Explicações.

O sétimo capítulo da tese (7.) apresenta as análises dos relatórios das atividades investigativas produzidos pelos(as) estudantes após vivenciarem a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*” em relação à presença das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). O capítulo contém dois formatos diferentes de apresentação das análises: o primeiro (7.1), é mais extensivo, descrevendo o trabalho interpretativo, trazendo as justificativas que permitiram identificar nos relatórios das atividades investigativas as PECEs; o segundo (7.2) traz a sistematização, na forma de quadros, tabelas e gráficos, das PECEs encontradas nos relatórios derivados das atividades investigativas que compõem a SEI.

O último capítulo da tese (8. *A Vista do Meu Ponto*) apresenta as possíveis contribuições que essa tese faz à área do Ensino de Ciências. Essas vão se dividir tentando apresentar aportes para duas linhas principais, cada uma com algumas subdivisões: a primeira ideia propõe subsídios para a construção de Sequências Didáticas relacionadas à AC; a segunda contribuição propõe uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas, nesse trabalho chamadas de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), relacionada então a como verificar a AC.

1.1 A Alfabetização Científica (AC) e o Sócio-Construtivismo

O referencial teórico da pesquisa baseia-se em alguns pontos fundamentais, como a visão sobre o ensino de ciências alicerçada na perspectiva sócio-construtivista¹ ou sócio-interacionista da aprendizagem (VYGOTSKY, 1978) e a Alfabetização Científica (SASSERON, 2008; SASSERON e CARVALHO, 2008).

¹ Para Castañon (2015): “*O socioconstrutivismo (...) tem recebido denominações variadas, como também ‘socioculturalismo’ ou ‘construtivismo social’.*”.

O termo Construtivismo pode se referir a diferentes domínios, como: corrente de pensamento, visão sobre o conhecimento, linha da psicologia, tendência da pedagogia ou modelo de ensino. Este trabalho adota uma visão sócio-construtivista sobre o processo de ensino-aprendizagem. Nessa tradição, o conhecimento científico ganha uma natureza simbólica da qual surge a necessidade de processos de mediação para a negociação de seus significados. Esse conhecimento científico passa então a ser entendido como uma construção social, criada na interação entre pares e com mediadores desse conhecimento (comumente os professores-as) para então serem internalizados pelos indivíduos (MORTIMER e SCOTT, 2016). As teorias, leis, conceitos -- a ciência em si -- não são uma leitura direta da natureza e seus fenômenos, e sim uma forma de interpretação, uma maneira de explicar o mundo. A perspectiva sócio-construtivista pressupõe a introdução em um mundo simbólico, que não pode ser acessado a partir da observação simples do mundo físico.

Como desenvolvido por Silva (2008) em sua tese, nesta perspectiva sócio-construtivista, que tem como base fundamental as teorias de Vygotsky, considera-se que os recursos e modelos semióticos, linguísticos e lógicos dos indivíduos são construídos por meio de um processo de internalização, que tem origem na interação com os outros aprendentes e com parceiros sociais mais experientes. Ou seja, considera a origem social da atividade mental, o que difere das concepções piagetianas em que a aprendizagem seria um processo cognitivo autônomo. Ainda segundo a autora, deriva da consideração dos aspectos sociais da aquisição e construção do conhecimento, e do entendimento do ensino de ciências como um processo de enculturação.

Assim, ao considerar a ciência como uma construção social, e não como reflexo do trabalho de gênios isolados ou da leitura da natureza, mas de um esforço coletivo, feito em um ambiente social, com linguagem própria, como forma de pensar e interpretar a natureza, que por esses e outros motivos se constituiria como uma cultura, ganha ênfase a ideia de inserir os estudantes nessa atividade, no que hoje se chama Alfabetização Científica (SASSERON e CARVALHO, 2008). Essa concepção aparece como uma possibilidade de trabalhar o ensino de ciências não apenas voltada para os conteúdos curriculares, mas que propicie o envolvimento dos(as) estudantes e dos(as) professores(as) com elementos do fazer científico, num processo de imersão na cultura científica. A ciência pode ser entendida como uma cultura, já que tem valores, crenças, rituais, métodos, regras e linguagem própria, e se constitui como uma maneira particular de ver o mundo, como uma maneira de negociar o conhecimento. Uma boa analogia para entender o que significaria a apropriação da cultura científica (essa abordagem da aprendizagem de ciências aparece como Enculturação em trabalhos como: TONIDANDEL, 2008; TRIVELATO e SILVA, 2011; e

CARVALHO et al, 1998) seria considerar que adentrar e fazer parte da cultura científica é como ir para um novo país, que tem também seus valores, crenças, rituais, métodos e idioma próprios.

De acordo com Trivelato e Silva (2011)

Nessa perspectiva de caráter social da ciência, os modelos de conhecimento e modos de entender o mundo natural que a ciência produz são construções humanas e não podem ser observados diretamente na natureza. Para permitir o aprendizado dessa forma de ver e entender o mundo, é necessário que ocorra uma introdução na forma como esses modelos são construídos e na forma particular como o mundo pode ser representado.

Assim, a aprendizagem de ciências pode ser considerada como uma espécie de enculturação, pela qual o estudante entra em contato com uma nova forma de ver os fenômenos e uma linguagem específica para explicá-los. Essa enculturação pode ser entendida como a imersão dos estudantes em uma nova cultura, promovendo o acesso às formas que a ciência possui para a construção dos conhecimentos, seja sua linguagem, seja o conjunto de suas práticas.

A ideia do que trazemos aqui, quando falamos em aprendizagem de ciências como enculturação², não é substituir a cultura primeira dos estudantes por uma cultura científicista superior, mas inserir a ciência no contexto sócio-cultural do estudante como uma segunda cultura. Inclusive porque numa perspectiva construtivista é necessário reconhecer que os estudantes chegam à escola não como uma tábula rasa, mas já com uma visão própria de mundo. Os autores El-Hani e Bizzo (2002) defendem que se a ciência for considerada como segunda cultura é esperado que *“(...) a sala de aula seja palco de conflitos entre visões de mundo diferentes.”* . Constitui um enorme desafio apresentar esta segunda cultura. O que se almeja não é substituir a anterior, mas sim formar uma nova cultura e propiciar a convivência entre as duas, com separação e predileção por uma ou outra a depender do contexto *“(...) uma pessoa, ao ‘alfabetizar-se cientificamente’, passaria a ver o mundo de uma outra maneira, mesmo que não adotasse uma visão de mundo que pudesse ser caracterizada como ‘científica’.*” (EL-HANI e BIZZO, 2002). Um primeiro aspecto do desafio de apresentar e inserir os estudantes na cultura científica é que *“(...) os alunos deverão aprender Ciências numa situação na qual já possuem outra linguagem e outra cultura a nortear suas decisões, suas ações, seus juízos etc.”*. Os autores trazem também

² Tentou-se evitar dar ao termo Enculturação, ou a analogia usada para facilitar seu entendimento, a impressão de uma visão de superioridade da cultura científica sobre outras formas de conhecimento humano. A ideia aqui é a de “apropriação de uma nova cultura” no sentido de que os estudantes compreenderiam a cultura científica e teriam habilidade em transitar por ela.

que “(...) o território das ciências naturais é, para os alunos, uma terra inteiramente incógnita, estranha, cheia de termos e conceitos que eles não alcançam, marcada por uma maneira de pensar que não lhes é familiar na qual pouco ou até mesmo nada do que já conhecem pode ajudá-los a aclimatarem-se.” (EL-HANI e BIZZO, 2002).

O construtivismo, mesmo no âmbito de uma tendência da pedagogia ou apoio a um modelo de ensino não é uma “coisa” única, mas tem características comuns a suas diversas correntes. Os estudos realizados sob uma perspectiva sócio-construtivista consideram que a linguagem desempenha um papel crítico na aprendizagem, pois é através da linguagem que os instrumentos culturais e as "formas de ver" de uma comunidade são disponibilizados aos aprendentes (VYGOTSKY, 1978; LEMKE, 1990; WERSCHT, 1991). Mortimer et al. (1997, 1998) afirmam que as características da linguagem científica não foram inventadas em algum momento determinado, o surgimento se deu concomitantemente ao desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar este conhecimento. Também afirmam que essas características podem tornar a linguagem científica estranha e difícil para os estudantes, e que admitir a peculiaridade da linguagem científica implica em considerar que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica (MORTIMER et al., 1998).

De acordo com os autores supracitados há uma predominância de narrativas lineares na linguagem cotidiana, enquanto que na linguagem científica os processos são congelados e transformados em grupos nominais que são então ligados por verbos que exprimem relações entre esses processos. O mundo da linguagem cotidiana é dinâmico, já na linguagem científica os processos são congelados pelo processo de nominalização (substituição dos processos, expressos normalmente por verbos, pelos grupos nominais). Logo os estudantes, que na linguagem cotidiana estão acostumados a designar os seres e as coisas por nomes e os processos por verbos, precisam se adequar à linguagem científica, onde processos se transformaram em nomes ou grupos nominais e verbos não expressam mais ações e sim relações.

Outra característica é que se na linguagem cotidiana o narrador está sempre presente, na científica o agente normalmente está ausente, o que faz com que ela seja descontextualizada. Como exemplo ilustrativo dessas características da linguagem cotidiana Mortimer et al. (1998) usam a frase: “quando colocamos sal em água e aquecemos, conseguimos dissolver uma maior quantidade do que em água fria.”; já na linguagem científica seria dito que: “o aumento de temperatura provoca um aumento da solubilidade do sal”. Assim, de acordo com Mortimer et al. (1998), a linguagem cotidiana é automática e muito mais próxima da fala, não havendo a

necessidade de refletir o tempo todo sobre o que se vai dizer, enquanto que a linguagem científica exige uma reflexão consciente no seu uso, e aproxima-se muito mais da linguagem escrita.

Mas por que a ênfase na linguagem? Porque, segundo Lemke (1990), a linguagem não é apenas vocabulário e gramática: a linguagem é um sistema de recursos para fazer significados e assim nos dá uma semântica. A semântica de uma linguagem é seu modo particular de criar semelhanças e diferenças de significado. A semântica é necessária porque qualquer conceito ou ideia em particular faz sentido apenas em termos dos relacionamentos que tem com outros conceitos e ideias. Esta teia de relações de significado é tecida com os recursos semânticos da linguagem.

Nós precisamos da semântica da linguagem porque qualquer conceito ou ideia só faz sentido quando é compartilhado por um grupo (LEMKE, 1990). Na perspectiva de Vygotsky o conhecimento científico é uma construção social. A comunicação é sempre um fenômeno social. Não nos comunicamos transmitindo sinais, mas criando e manipulando situações sociais. Quando falamos ciência estamos criando, ou recriando, uma comunidade de pessoas que compartilham certa linguagem, crenças e valores (LEMKE, 1990; VYGOTSKY, 2010).

Em uma importante obra intitulada "*Talking Science*" ("Falar Ciência"), Lemke (1990) afirma que aprender ciência significa aprender a falar ciência. Isso também significa aprender a usar essa linguagem conceitual especializada na leitura e escrita, no raciocínio e na resolução de problemas, e para orientar a ação prática no laboratório e na vida diária. Isso significa aprender a se comunicar na língua da ciência e agir como um membro da comunidade de pessoas que fala com e por essa linguagem. "*Talking Science*" significa observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, formular hipóteses, teorizar, questionar, desafiar, argumentar, projetar experiências, seguir procedimentos, julgar, avaliar, decidir, concluir, generalizar, elaborar relatórios, escrever, ler e ensinar na e através da linguagem da ciência. E sabemos que as teorias científicas são ensinadas principalmente através da linguagem, complementadas pela matemática e por diagramas, tabelas, gráficos e outras representações. Todas essas ações do "Falar Ciência" de Lemke (1990) apresentam correspondência ou equivalência ao que tratamos nesse trabalho como Práticas Epistêmicas.

O que Lemke (1990) trata como matemática, diagramas, tabelas, gráficos e outras representações denominamos Inscrições Literárias. Estas podem apresentar-se também como desenhos, mapas, textos, registros feitos por instrumentos (fotos, vídeos, gravações) e modelos físicos (LEHRER et al., 2001). Como ferramentas culturais da ciência, as Inscrições Literárias

envolvem uma prática essencial da cultura científica, já que facilitam discussões sobre propriedades dos objetos de estudo por estabelecer relações diretas com os fenômenos observados. Seu estudo mostra-se então importante para a pesquisa em Alfabetização Científica (CAPECCHI, 2004).

No contexto da pesquisa em ciências é comum termos contato com diversas maneiras de representação das informações (ROTH, 2013). Essas representações, que vão além da escrita formal, muitas vezes cooperam para a transmissão de informações, ou como uma forma de simplificar sua apresentação, selecionando e realçando aspectos e tornando visíveis características e relações que não são vistas pela observação direta de objetos e eventos (LEHRER et al., 2001). Segundo Lemke (1990), embora a linguagem verbal seja um dos meios primordiais para a aprendizagem, está longe de ser a única, já que aprendemos também a partir de representações visuais de muitos tipos. Balacheff e Kaput (1997) sugerem que o engajamento em práticas que envolvem o uso de inscrições pode afetar o entendimento dos estudantes sobre como o conhecimento científico é construído e tem um impacto epistemológico na aprendizagem de ciências. Em seu trabalho, Wu e Krajcik (2006) mostram que ao fazer uso de inscrições, e se engajar em práticas relacionadas a elas, os estudantes podem ter impactos positivos no entendimento de conceitos.

1.1.1. Um pouco de História da Alfabetização Científica (AC)

O ensino de Ciências é incorporado no currículo europeu e americano apenas a partir do século XIX e no Brasil ainda mais tarde, ocorrendo apenas por volta de 1930. No século XIX nosso currículo é ainda marcado pela tradição literária e clássica herdada dos jesuítas (SANTOS, 2007; DeBOER, 2000). Essa preocupação tardia acerca do ensino de Ciências no Brasil ocorre apesar do incentivo de Dom Pedro II (1825-1891) e dos discursos positivistas de intelectuais brasileiros como Rui Barbosa (SANTOS, 2007).

O ensino de Ciências começa a ganhar importância apenas quando seu valor para o desenvolvimento econômico, cultural e social de um país é reconhecido (KRASILCHIK, 2000). A produção de kits de experimentos na década de 1950 pode ser entendida como um marco nessa valorização do ensino de Ciências. Já na década de 1960 são traduzidos projetos americanos de ensino conhecidos como projetos de 1ª geração ou também denominados na literatura especializada como “sopa de letrinhas” já que em suas diversas sub-áreas ficaram conhecidos por suas siglas PSSC (*Physical Science Study Committee* – Física), BSCS (*Biological Science*

Curriculum Study - Biologia), CBA (*Chemical Bond Approach* - Química) e SMSG (*Science Mathematics Study Group* - Matemática). Esse material baseava-se na concepção de um ensino de ciências que visava à formação de cientistas, tendo grande ênfase na vivência de um “método científico”, o qual apresentava uma sequência fixa e básica de comportamentos (identificação de problemas, elaboração de hipóteses e verificação experimental dessas hipóteses, o que permitiria chegar a uma conclusão e levantar novas questões) (SANTOS, 2007; KRASILCHIK, 2000). Essa visão, baseada na ideia de um ensino de ciências que forma cientistas, tem raiz no contexto histórico de um pós Segunda Guerra, já que essa formação garantiria a hegemonia norte-americana na guerra fria, particularmente na conquista do espaço (KRASILCHIK, 2000). Esse período foi marcante e crucial na história do ensino de Ciências, tendo influência até hoje nas tendências curriculares das várias disciplinas, tanto no ensino médio como no ensino fundamental e particularmente quando se pensa no Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).

O enfoque do ensino no Brasil, após o golpe militar de 1964, se deu na formação do trabalhador, considerado agora peça importante para o desenvolvimento econômico do país. A partir dos anos de 1970 inicia-se a produção de materiais de ensino de ciências genuinamente brasileiros, período em que também se inicia a pesquisa na área de educação em ciências no Brasil (KRASILCHIK, 2000). A Ciência dos projetos da 1ª geração, ou “sopa de letrinhas”, era considerada isenta/neutra e valorizava a racionalidade, a capacidade de fazer observações, desenvolver e replicar experimentos. A essa visão de neutralidade foi sendo incorporada, nos idos de 1960-1980, a consciência das implicações sociais, ambientais e tecnológicas da ciência. Essas implicações foram incorporadas aos currículos que não mais visavam à formação de cientistas.

Ao reconhecer as conexões entre a ciência e a sociedade, o ensino não pôde se limitar aos aspectos internos à investigação científica, devendo considerar os aspectos políticos, econômicos e culturais da ciência. Essa nova concepção faz surgir em diversos países, no final dos anos de 1970 e no início da década seguinte, propostas curriculares para a educação básica com ênfase nas inter-relações ciência-tecnologia-sociedade, conhecidas como (CTS) ou ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) (SANTOS, 2007).

De acordo com Hurd (1998) os currículos de ciências precisariam ser reinventados para reconhecer a gama de forças em mudança em nossa sociedade e o conceito de Alfabetização Científica (AC) reconheceria essa gama de forças em mudança em nossa sociedade. Mudanças que incluem o surgimento de uma era da informação, o nascimento de uma economia global e novas formas de comunicação (o mundo virtual). Ainda segundo Hurd (1998) um currículo que vise a Alfabetização Científica (AC) é um currículo vivido no qual os principais padrões de

instrução e habilidades intelectuais são aqueles que permitem aos indivíduos lidar com as mudanças na ciência, tecnologia, na sociedade e nas dimensões do bem-estar humano. O autor traz ainda que comumente os currículos de ciências nas escolas são descritivos, focados nas leis, teorias e conceitos de disciplinas presumivelmente discretas. Em contraste, um currículo que toma a AC como meta não se limitaria apenas a essas dimensões. O autor afirma ainda que colocar este debate em foco levou-o a escrever o primeiro artigo usando o termo Alfabetização Científica como meta da educação científica em 1958.

Laugksch (2000) também traz que apesar da primeira menção ao termo ter sido o trabalho de Paul Hurd em 1958 intitulado “*Science Literacy: Its Meaning for American*”, o interesse e a preocupação com elementos do conceito de AC remontam ao início do século passado. Entre 1957 e 1963 teria ocorrido um “período de legitimação” do termo, seguido então de um período em que se discutiu intensamente o seu significado e por isso chamado pelo autor de “período de interpretação séria”. O período do final dos anos 70 e início dos anos 80 caracterizou-se por uma variedade de definições e interpretações da AC.

Laugksch (2000) afirma ainda que apesar de haver interpretações, concepções e perspectivas diferentes do que a Alfabetização Científica (AC) significa este termo tornou-se um slogan e um objetivo educacional contemporâneo internacionalmente reconhecido. O autor inclusive se refere à AC como uma “*buzzword*” que o dicionário on-line de Cambridge afirma significar “*a word or expression from a particular subject area that has become fashionable by being used a lot*”, ou seja, um novo termo de uma área particular, no caso o ensino de ciências, que surgiu com grande alarido e passou a ser muito usado. Para o autor a AC representaria o que o público em geral deve saber sobre ciência, e assim abarcando a compreensão geral das ideias científicas mais importantes, entendimento dos objetivos e limitações gerais da ciência e da relação da ciência com a sociedade, tecnologia e meio ambiente.

Díaz et al. (2003) afirmam que a Alfabetização Científica (AC) vem sendo considerada como importante diretriz educativa para o ensino de ciências do século XXI. Essa valorização que a AC ganhou na área acadêmica do ensino de ciências acabou, segundo os autores, influenciando as agências com prestígio internacional que versam sobre as políticas educacionais, como a UNESCO, o Conselho Internacional para a Ciência (UNESCO-ICSU), o *Bureau* Internacional de Educação e a Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI, 2001). Refletindo também nos documentos das influentes associações profissionais voltadas a educação científica e tecnológica, como por exemplo, nos EUA, a *American Association for the Advancement of Science* (Associação Americana para o Avanço da Ciência -- AAAS, 1990, 1993), a *International Technology*

Education Association (Associação Internacional de Educação Tecnológica – ITEA, 2000), a *National Science Teachers Association* (NSTA, 1991) e o *National Research Council* (NRC, 1996, 2012). Os autores comparam então a importância que a Alfabetização Científica ganhou hoje, como forma de possibilitar a participação da população como cidadãos numa sociedade impregnada pela ciência e a tecnologia, com a importância que a alfabetização em leitura e escrita teve no final do século XIX.

O documento do NRC (2012) apregoa que, ao final do ensino fundamental e médio:

(...) todos os alunos devem ter alguma apreciação da beleza e da maravilha da ciência; possuam conhecimento suficiente de ciência e engenharia para participar de discussões públicas sobre questões relacionadas; sejam consumidores cuidadosos de informações científicas e tecnológicas relacionadas ao seu cotidiano; sejam capazes de continuar aprendendo sobre ciência fora da escola; e tenham as habilidades necessárias para ingressar em carreiras de sua escolha, incluindo (mas não se limitando a) carreiras em ciências, engenharia e tecnologia.

(Tradução nossa)

Assim, Sasseron e Carvalho (2011) entendem que a Alfabetização Científica (AC) ganha status de elemento norteador na elaboração dos currículos por promover um ensino capaz de levar os estudantes a conhecer os conceitos principais e estruturantes das ciências, a compreender a forma como se estrutura e se produz conhecimento científico e o que influencia esta produção e as inter-relações com a sociedade e o ambiente. As autoras defendem que não é possível saber toda a ciência, mas que um estudante alfabetizado cientificamente deve ter conhecimento suficiente de vários campos das ciências, da natureza da ciência e das implicações e relações dessa com a sociedade, a tecnologia e o meio ambiente, assim sabendo buscar conhecimentos para quando for interpretar as informações e descobertas que chegarem a ele – enfatizando, dessa forma, o desenvolvimento pessoal como objetivo maior do currículo de ciências.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008), a Alfabetização Científica (AC):

Vislumbrar as ciências sem esquecer das relações existentes entre seus conhecimentos, os adventos tecnológicos e seus efeitos para a sociedade e o meio-ambiente é o objetivo que os currículos de Ciências parecem almejar quando se têm em mente a Alfabetização Científica.

Nessa nova concepção os estudantes passam a estudar conteúdos científicos no sentido de identificar os problemas e buscar soluções para os mesmos, compreender a natureza, o significado e a importância da tecnologia para sua vida como indivíduos e membros responsáveis da

sociedade. Esses elementos todos ganham corpo e trazem um novo componente no vocabulário e nas preocupações dos educadores: a “Alfabetização Científica” (KRASILCHIK, 2000). Foi na década de 1990 que alguns pesquisadores (por exemplo, DRIVER et al., 1994, NEWTON et al., 1999) propuseram então uma nova forma de se ensinar ciência buscando uma aprendizagem mais significativa para os aprendizes, buscando uma Alfabetização Científica (AC). Essa concepção de ensino é considerada um norte para o ensino de ciências, mas há grande controvérsia tanto na adoção deste termo ao invés de Letramento Científico ou Enculturação Científica como em relação a sua definição (DeBOER, 2000; SASSERON e CARVALHO, 2008).

1.1.2. A Polissemia de termos da ideia de Alfabetização Científica (AC)

A Alfabetização Científica é amplamente tratada na literatura estrangeira, e parte da controvérsia em relação ao termo deriva das diferentes traduções que esse pode apresentar. Em Espanhol diz-se “*Alfabetización Científica*”, e em Francês “*Alphabétisation Scientifique*”, que podem ser literalmente traduzidos como Alfabetização Científica. Já a tradução do termo em Inglês “*Scientific Literacy*” é mais comumente Letramento Científico, mas nos documentos da UNESCO aparece como Cultura Científica, assim como é tratado muitas vezes na literatura especializada francesa “*la culture scientifique*” (SASSERON e CARVALHO 2008; SANTOS, 2007; SASSERON, 2008).

Sasseron e Carvalho (2008) discorrem que a escolha de um termo em relação ao outro traz implicações que vão além de diferenças de tradução. A escolha do termo Enculturação Científica (EC) traz arraigada a ideia de que o ensino de ciências deveria promover condições para que os estudantes possam também fazer parte de uma cultura científica, além das culturas religiosa, social e histórica.

Santos (2007) defende que o termo Letramento Científico (LC) abarca o processo mais simples do domínio da linguagem científica (entendido por ele como a Alfabetização Científica - AC), mas que vai além desse domínio, exigindo o domínio da prática social, almejando processos cognitivos e domínios de alto nível e exigindo um conhecimento mais aprofundado dos construtos teóricos da ciência e da sua epistemologia, com compreensão dos elementos da investigação científica, do papel da experimentação e do processo de elaboração dos modelos científicos. Para o autor, a Alfabetização Científica (AC) se limitaria ao domínio da linguagem científica.

Sasseron e Carvalho (2011), em contrapartida, defendem o termo “Alfabetização Científica”, alicerçadas na ideia concebida por Paulo Freire, em que a alfabetização é entendida como um

processo que permitiria ao indivíduo organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca -- assim permitindo o estabelecimento de conexões (das quais nasceriam os significados e as construções de saberes) entre o mundo em que a pessoa vive e a palavra escrita.

SASSERON e CARVALHO (2008).

[...] defendem uma concepção de ensino de Ciências que pode ser vista como um processo de “Enculturação Científica” dos alunos, no qual esperaríamos promover condições para que os alunos fossem inseridos em mais uma cultura, a cultura científica. Tal concepção também poderia ser entendida como um “Letramento Científico”, se a consideramos como o conjunto de práticas às quais uma pessoa lança mão para interagir com seu mundo e os conhecimentos dele. No entanto, usaremos o termo “Alfabetização Científica” para designar as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cercada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico

Krasilchik e Marandino (2004) entendem que o termo Alfabetização Científica (AC) já se consolidou na prática social, apesar da distinção entre alfabetização e letramento. Nesse sentido, elas consideram que a alfabetização já engloba a ideia de letramento e a definem como a “capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia”. Cunha (2017) critica, mas reconhece haver uma predominância da escolha por traduzir “*Scientific literacy*” como “Alfabetização Científica”, e que uma parcela bem menor dos estudos adotam “Letramento científico”. Sasseron (2008) entende que Alfabetização Científica (AC) designa as ideias de um ensino que permite aos estudantes interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-lo e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cercada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico, definindo a AC como um processo de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica.

1.1.3. Investigando a Consolidação do termo Alfabetização Científica (AC)

Para responder essa questão foram feitas algumas investigações. Primeiro, os termos “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico” e “Enculturação Científica” foram buscados em diferentes bases de dados acadêmicos, a saber:

- Google acadêmico (ferramenta de busca do Google que possibilita a pesquisa em artigos revisados por especialistas, teses, livros, resumos e artigos de editoras acadêmicas, organizações profissionais, universidades e outras entidades acadêmicas).
- SciELO (biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros).
- ERIC (base de dados que oferece o acesso à literatura sobre pesquisa na área de educação e temas relacionados. É patrocinada pelo Departamento de Educação dos EUA e foi criada em 1966).
- *Web of Knowledge* (conjunto de bases de dados também conhecidas como *Web of Science* que constitui a compilação pelo ISI -- *Institute for Scientific Information* – das bases *Science Citation Index*, *Social Science Citation Index* e *Arts and Humanities Citation Index*).

Esta primeira investigação teve a intenção de verificar a frequência com que cada termo aparecia nas principais bases de dados. A ideia aqui é que a frequência poderia dar indicativos de consolidação de algum dos termos. A tabela abaixo apresenta a quantidade de resultados encontrados em cada base de dados para cada diferente termo de busca.

Tabela 1 - Quantidade de resultados encontrados para os termos “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico” e “Enculturação Científica” em diferentes bases de dados acadêmicos no dia 22/05/2017.

Base de dados	Termo de busca		
	“Alfabetização Científica”	“Letramento Científico”	“Enculturação Científica”
Google acadêmico	8.430	1.500	413
SciELO	53	1	1
ERIC	0	0	0
Web of Knowledge	0	0	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, dado que a quantidade de resultados após busca do termo “Alfabetização Científica” foi muito maior que “Letramento Científico” ou “Enculturação Científica” conclui-se que há uma preferência por “Alfabetização Científica”. Resultados semelhantes, na comparação de resultados de busca apenas para “Alfabetização Científica” e “Letramento Científico”, foram encontrados por Cunha (2017). Em sua pesquisa foram encontrados 4.180 resultados, na base de dados do Google Acadêmico em 2014, para o termo “Alfabetização Científica” e 714 para “Letramento Científico”.

Como as bases de dados ERIC e *Web of Knowledge* apresentam apenas artigos em língua inglesa, nenhum resultado para os termos de busca em português foram encontrados.

Na área acadêmica o inglês se tornou o idioma preponderante, e por isso, muito comumente, os artigos publicados em qualquer outro idioma apresentam a tradução para o inglês dos seus Títulos, Resumos e Palavras-chave. Isso significa que trabalhos escritos em português devem apresentar as traduções de seus Títulos, Resumos e Palavras-chave do português para o inglês. O que foi feito então foi procurar trabalhos redigidos em português, mas com um dos termos “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*” nas traduções dos seus Títulos, Resumos e Palavras-chave, originalmente em português, para o inglês nos tópicos “*Title*”, “*Abstract*” e “*Keywords*”. A intenção com isso era saber quais os termos em português, de trabalhos originalmente nessa língua, deram origem aos termos “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*” nos tópicos “*Title*”, “*Abstract*” e “*Keywords*”.

Para essa investigação foi seguida a seguinte metodologia:

1º) cada um desses termos (“*Scientific Literacy*” e “*Science Literacy*”) foi individualmente digitado na base de dados da SciELO.

2º) os resultados eram filtrados para artigos e língua portuguesa.

3º) com o artigo em aberto era anotada a tradução para o inglês do título, do resumo e das palavras chave, em busca dos termos “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*”.

4º) verificava-se quais termos em português (se “Letramento Científico”, “Enculturação Científica” ou “Alfabetização Científica”) foram traduzidos para “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*”.

5º) uma tabela como a abaixo era preenchida ordenando os artigos do mais antigo ao mais novo para cada termo “*Scientific Literacy*” e “*Science Literacy*”.

Quadro 1 - Artigos da base de dados SciELO, escritos em português, ordenados do mais antigo ao mais novo e que apresentaram um dos termos “Scientific Literacy” ou “Science Literacy”.

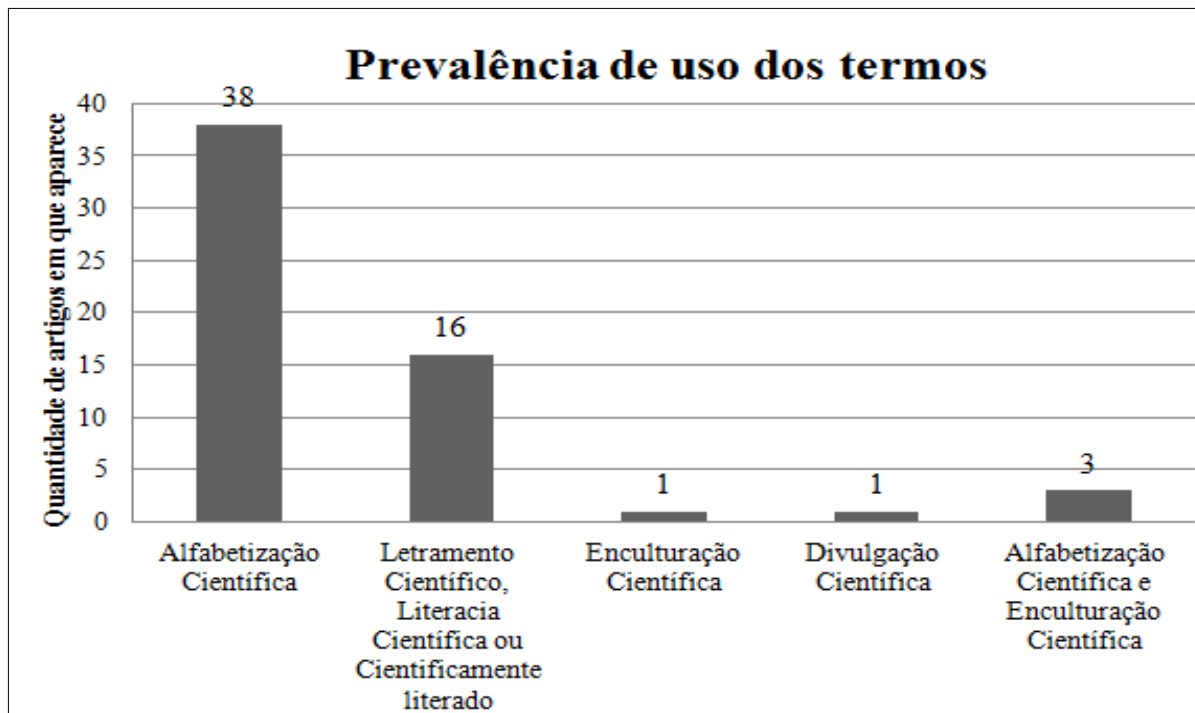
Artigo	Onde o termo "Scientific literacy" ou "Science Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
LACERDA, (1997)	Title e Abstract	Alfabetização Científica	1997	Brasil	Brasil
LEAL e GOUVEA, (2000)	Abstract	Alfabetização Científica	2000	Brasil	Brasil
SANTOS e MORTIMER, (2001)	Abstract	Letramento Científico	2001	Brasil	Brasil
LORENZETTI e DELIZOICOV, (2001)	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
CAZELLI e FRANCO, (2001)	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
AULER e DELIZOICOV, (2001)	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
BRANDI e GURGEL, (2002)	Keywords	Alfabetização Científica	2002	Brasil	Brasil
COSTA e COSTA, (2002)	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2002	Brasil	Brasil
CHASSOT, (2003)	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2003	Brasil	Brasil
AULER, (2003)	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2003	Brasil	Brasil
MATA, (2004)	Keywords	Literacia em ciência	2004	Portugal	Portugal
MARTINS, (2005)	Abstract	Cientificamente Literados	2006	Portugal	Portugal
+ 47 artigos*					

Fonte: Elaborada pelo autor.

* A tabela completa, com os 59 artigos encontrados encontra-se no apêndice A.

O gráfico abaixo é uma sistematização da tabela completa acima exemplificada. No gráfico pode ser observado a quantidade de artigos em que cada um dos termos em português foi traduzido para “Scientific Literacy” ou “Science Literacy”. Optou-se por juntar “Letramento Científico”, “Literacia Científica” e “Cientificamente Literado” por se entender que correspondem a variações semânticas do mesmo termo.

Gráfico 2 - Apresenta a quantidade de artigos em que “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico”, “Enculturação Científica” e “Divulgação Científica” são traduzidos do português para o inglês como “Scientific Literacy” ou “Science Literacy”.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Apenas um artigo (FEJES, M. et al. Contribuições de um encontro juvenil para a enculturação científica. **Ciênc. educ.** Bauru, v. 18, n. 4, p. 769-786, 2012.) trás “Enculturação Científica” e o traduz como “*Scientific Literacy*”. Também apenas um artigo (OLIVER, G. S. Debates científicos e a produção do vinho paulista, 1890-1930. **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo, v. 27, n. 54, p. 239-260, Dec. 2007) traduz divulgação científica como “*Scientific Literacy*”, mas vale ressaltar que este artigo é um artigo da área de história e não de ensino, assim o uso de “Divulgação Científica” aqui não carrega o significado que “*Scientific Literacy*” apresenta na área do ensino e particularmente do ensino de ciências.

Três artigos trazem ambos os termos, “Alfabetização Científica” e “Letramento Científico”, como equivalentes em português de “*Scientific Literacy*”, sendo que um deles (CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Rev. Bras. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 169-186, Mar. 2017.) tem como objetivo central exatamente discutir qual termo melhor corresponderia

à tradução de “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*” para o português. Destacamos ao menos seis artigos que discutem amplamente a adoção de uma tradução ou outra. A saber:

Tabela 03 - Artigos que discutem qual o termo que melhor corresponderia à tradução de “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*” para o português e o posicionamento dos autores.

Artigo	Defende o uso do termo
SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Letramento em química, educação planetária e inclusão social. Quím. Nova , São Paulo, v. 29, n. 3, p. 611-620, June 2006.	Letramento Científico
SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, Dec. 2007.	Letramento Científico
SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em ensino de ciências , v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. ISSN 1518-8795.	Alfabetização Científica
SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. 2011b. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências , v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011	Alfabetização Científica
TEIXEIRA, Francimar Martins. Alfabetização científica: questões para reflexão. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.	Alfabetização Científica
SUISSO, Carolina; GALIETA, Tatiana. Relações entre leitura, escrita e alfabetização/letramento científico: um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 21, n. 4, p. 991-1009, Dec. 2015.	Letramento Científico
CUNHA, RODRIGO BASTOS. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 169-186, mar. 2017.	Letramento Científico

Fonte: Elaborada pelo autor.

Apesar de existirem autores que defendem a adoção de um ou outro termo como melhor equivalência em português de “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*”, pode-se observar pelo gráfico dois (Frequência de artigos em que cada termo em português foi traduzido para “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*”) (GRÁFICO 2) que a maioria dos artigos usa “Alfabetização Científica” como o termo em português correspondente de “*Scientific Literacy*” ou “*Science Literacy*”.

Outro fator a ser considerado é que, dos 15 artigos que usam alguma variação semântica de “Letramento Científico”, em 11 os autores são portugueses e em apenas quatro são brasileiros. Apenas um artigo (PRAIA, J.; GIL-PEREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na

educação para a cidadania. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, Aug. 2007) em que o autor é português, mas os coautores são espanhóis, usa “Alfabetização Científica” como termo correspondente a “*Scientific Literacy*”.

Desta forma pode-se inferir que para os autores portugueses a tradução de “*Scientific Literacy*” corresponde a alguma variação de “Letramento Científico”, já que dos 12 trabalhos encontrados apenas um faz a correspondência com “Alfabetização Científica” e 11 o fazem com “Literacia Científica”. Já em relação aos autores brasileiros, 38 fazem a correspondência do termo em inglês “*Scientific Literacy*” com “Alfabetização Científica” e apenas sete o fazem com “Letramento Científico” (foram considerados sete já que os três que usavam os dois termos defendiam o uso de “Letramento Científico” como o termo adequado). Logo se pode afirmar que, para os autores brasileiros, há uma consolidação do uso de “Alfabetização Científica” como termo equivalente ao inglês “*Scientific Literacy*”.

1.1.4. Os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica (AC)

Neste trabalho foi feita a opção, em alinhamento com Sasseron e Carvalho (2008; 2011b), pela adoção do termo Alfabetização Científica (AC). Também pois este é, segundo nossos dados anteriormente apresentados, Marandino e Krasilchik (2008) e Cunha (2017), o termo que se consolidou nas produções da área para autores brasileiros quando escrevendo em português. Concordamos haver confluências sobre o que é esperado para essa educação científica, apesar dos termos poderem variar (Enculturação, Alfabetização ou Letramento Científico).

Sasseron e Carvalho (2008), em seu trabalho intitulado “*ALMEJANDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: A PROPOSIÇÃO E A PROCURA DE INDICADORES DO PROCESSO*”, com o objetivo de refinar o conceito, identificaram pontos comuns entre as diversas definições, aos quais denominaram Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.

Segundo Sasseron e Carvalho (2008, p. 335) os eixos Estruturantes da Alfabetização Científica podem ser definidos como:

- (1) **Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.** A importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia.

- (2) **Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**, pois, em nosso cotidiano, sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de proceder.
- (3) **Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente** e perpassa pelo reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém têm sido influenciado de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias.

1.2 Práticas Epistêmicas

Silva (2015) afirma que um trabalho que assuma uma perspectiva sociocultural de tradição vygotskiana, e este trabalho assume, deve entender a Ciência, a Educação em Ciências e a pesquisa como atividades sociais humanas. Disso decorreria a necessidade de considerar a sala de aula e a ciência como práticas sociais sustentadas em critérios estabelecidos discursivamente, os quais dão legitimidade aos conhecimentos produzidos.

De acordo com Silva (2015):

Tal percepção tem, de diferentes formas, fornecido bases para orientações curriculares, propostas pedagógicas, bem como inspirado pesquisas que, mais recentemente, têm se voltado para análise das práticas e dos compromissos epistemológicos dos estudantes no desenvolvimento de suas investigações escolares.

Sasseron e Duschl (2016) começam seu artigo fazendo o que talvez seja a mais importante questão, e também uma das mais frequentemente ouvidas pelos(as) professores(as): qual o sentido do ensino de Ciências? Outras variações comumente ouvidas são: por que aprender Ciência? No que aprender Ciências vai ajudar minha vida? Para que isso (Ciências) vai servir para minha vida? Algumas vezes essas questões são acompanhadas de justificativas: qual o sentido de aprender Ciências se vou ser advogado, comerciante ou etc?

Os autores em resposta a essa questão não enveredam pelo caminho fácil de sugerir que o(a) professor(a) deva responder que é porque vai cair na prova ou no vestibular. Tampouco advogam que a resposta pode vir da simples afirmação de que a sociedade atual é altamente tecnológica. Ou mesmo que a vida é altamente influenciada pelas ciências e suas descobertas. Isso porque *“a grande maioria dos aparelhos tecnológicos que temos à nossa disposição hoje em dia são projetados de tal modo que não é preciso conhecer sobre tecnologia, e muito menos sobre ciência,*

para manejá-los e fazer bom uso deles” (SASSERON e DUSCHL, 2016). Tampouco pode parecer para os estudantes necessário saber ciência para fazer uso de medicamentos ou ter uma dieta saudável. Bastaria seguir à risca as diretrizes dos profissionais dessas áreas. Nessa lógica aprender ciências caberia apenas àqueles que quisessem seguir uma carreira correlata.

O caminho adotado por Sasseron e Duschl (2016) para responder à questão anteriormente apresentada é o de considerar a ciência como uma forma de pensar, como um conhecimento poderoso com o qual o indivíduo constrói as bases para as decisões cotidianas, em pequena ou grande esfera. A ideia seria tratar a ciência como uma cultura na qual os estudantes devem ser imersos, cultura que apresenta normas e práticas, como a investigação, a partir e por meio das quais se desenvolve. Trabalhar a ciência como uma cultura, com formas gerais de fazer e pensar, pode ser entendido como promover Alfabetização Científica (AC).

De acordo com Sasseron e Duschl (2016), a Alfabetização Científica (AC) nos dias atuais:
(...) é concebida por pesquisadores da área como um processo constante, estando ligado ao contato e ao entendimento de conceitos, leis, modelos e teorias das ciências, o conhecimento de aspectos da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática e o entendimento de que existem intrínsecas e mútuas influências entre ciência e sociedade.

Ou seja: para promover a Alfabetização Científica a escola não pode se pautar apenas na explicitação dos conceitos, leis e teorias científicas, mas deve trabalhar aspectos epistêmicos que permeiam os processos, métodos de investigação, de análises e de legitimação da construção do conhecimento científico. Seja do conhecimento passado, seja na construção do conhecimento presente ou para a construção do conhecimento futuro. Ou seja, os estudantes deveriam aprender na escola *“as ciências como área de pesquisa, como área que produz conhecimento e que constrói, observa e aprimora regras e práticas, em um mecanismo interno de avaliação constante”* (SASSERON e DUSCHL, 2016).

De acordo com Kelly e Licon (2018), considerar a Alfabetização Científica (AC) como uma visão de aprendizagem implica almejar um "domínio de uma série de práticas epistêmicas" - sendo que o engajamento em Práticas Epistêmicas (PE), conectado a uma pedagogia cuidadosamente organizada, promoveria a Alfabetização Científica (AC). Sasseron e Duschl (2016) reforçam a proposição de que o ensino de ciências, nos dias atuais, deva ser orientado ao trabalho com Práticas Epistêmicas (PE), sem, no entanto, deixar de lado os conceitos, leis e teorias

científicas. Em uma extensa revisão sobre o tema os autores argumentam que o engajamento em Práticas Epistêmicas (PE) é uma parte importante de uma sólida educação científica.

Sasseron e Duschl (2016) afirmam que:

[...] há cerca de uma década vêm crescendo os trabalhos na área de pesquisa em ensino de ciências que traçam relações entre as práticas epistêmicas das ciências, sobretudo aquelas voltadas à construção de explicações, modelos explicativos ou argumentações, e práticas desempenhadas em aulas de ciências, em especial aquelas associadas à promoção de interações entre alunos, professor e os conhecimentos.

Quando em uma perspectiva que considere as Práticas Epistêmicas (PE), muda-se o foco de análise, do individual para o processo social de investigação, o que no contexto escolar significa valorizar as interações discursivas entre estudantes e professor(a) e de estudantes entre si quando na construção, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos (SILVA, 2015).

1.2.1. Mas o que são Práticas Epistêmicas (PE) ou em busca de uma definição?

De acordo com Kelly e Licona (2018) as Práticas Epistêmicas (PE) são as ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com que os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento.

Kelly (2005) define práticas epistêmicas como “atividades sociais de produção, comunicação e avaliação do conhecimento”. Sandoval (2001), por sua vez, considerando especificamente o contexto de ensino de Ciências, define Práticas Epistêmicas (PE) como as atividades cognitivas e discursivas nas quais os estudantes se engajam para desenvolver sua compreensão epistemológica sobre ciências.

Sasseron e Duschl (2016) adotam a definição de (KELLY, 2008) de que as Práticas Epistêmicas (PE) são a proposição, a comunicação, a avaliação e a legitimação de ideias. Consequentemente, um ensino de ciências que tenha a intenção de promover o engajamento em Práticas Epistêmicas (PE) deveria considerar mais de que os conceitos e ideias em debate no campo da disciplina em questão, sendo essencial considerar as formas como o conhecimento é proposto, comunicado, avaliado e legitimado na ciência de referência. Para transpor essa ideia para a sala de aula os autores ressaltam que o(a) professor(a) é o grande responsável por articular tais movimentos. Ainda segundo Sasseron e Duschl (2016), ocorreria um Engajamento Disciplinar

Produtivo (EDP) quando houvesse, articulado/organizado pelo(a) professor(a), um espaço de interações discursivas em que os estudantes fizessem parte de investigações em que as supracitadas PE (proposição, comunicação, avaliação e legitimação) fossem alcançadas para, e na, construção de entendimento sobre conhecimentos científicos. Compreender como se dá a construção do conhecimento científico permitiria aos estudantes lidar, entender e utilizar estes em situações sociais e culturais diversas. Entendemos que isso se assemelha muito ao que é entendido como Alfabetização Científica (AC). Logo, o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP) seria promotor da Alfabetização Científica (AC) e a verificação de Práticas Epistêmicas (PE) vivenciadas seria indicativo de que a AC está em construção.

Para Rudolph (2003) a apresentação de um método científico descontextualizado não é eficiente para o ensino de ciências. O autor defende o uso da história da ciência e/ou exemplos concretos de trabalhos científicos genuínos³. Entende ainda que, dada a diversidade de práticas científicas e as limitações inerentes de espaço no currículo, é necessário fazer uma seleção das práticas tradicionais do mundo da ciência para a escola. Este recorte deve ser feito levando-se em conta não apenas o que os cientistas fazem, mas também características do contexto social e político da sala de aula na qual serão desenvolvidas as atividades. Ainda segundo o autor, a abordagem mais comum para esta tarefa é falha, e tem se constituído em abstrair das complexas práticas científicas algum conjunto universal de descritores da ciência, ou fazer suposições de práticas que figurariam em qualquer trabalho científico. Essa foi a forma adota pela maioria dos documentos importantes de política educacional do país de origem do autor (AAAS, 1990; NRC, 1996), e seguida por um bom número de investigadores de educação científica. Rudolph (2003) afirma que o problema não é que não existe uma "ciência genuína" por trás das representações escolares, mas que "há muitas ciências genuínas". Assim, o ensino de ciências que almeja promover a Alfabetização Científica (AC), através do engajamento em Práticas Epistêmicas (PE), deve enfatizar a natureza plural das práticas científicas. Para isso as Práticas Epistêmicas (PE) escolares não podem ser constituídas só por simplificar, filtrar e reduzir as práticas científicas de referência, mas devem reconfigurar, distorcer, e até embelezá-las.

Neste trabalho, assim como em outros trabalhos do GEPEB (Grupo de Pesquisa e Estudos no Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP – , sob a coordenação da Profa. Dra. Sílvia L. F. Trivelato), optamos pela definição de Kelly (2008, p. 99,

³ Na falta de uma terminologia melhor, e para diferenciar dada prática escolar de ciências, foi usado aqui "trabalho científico genuíno" como forma de se referir ao trabalho da ciência "tradicional" -- aquela praticada nos centros de pesquisa, laboratórios, universidades, etc.

tradução nossa) para o que vem a ser Práticas Epistêmicas. O autor define as práticas epistêmicas como “*as formas com que os membros de um determinado grupo social propõem, comunicam, avaliam e legitimam o conhecimento científico em uma determinada estrutura disciplinar*”. O conceito de práticas epistêmicas proposto por Kelly (2008) tem base nos trabalhos de filosofia e sociologia da Ciência de Longino (1990, 2002) e Cetina (2009) que consideram o caráter social da Ciência. Também para o estabelecimento de comunidades científicas na legitimação das práticas de produção do conhecimento (SACA, 2017).

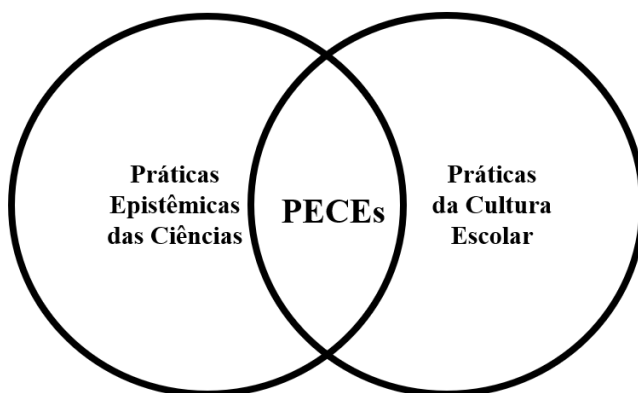
1.2.2 Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)

Nesse trabalho propomos usar o termo Práticas Epistêmicas Científico-Escolares, e a sigla PECEs, para representar as Práticas Epistêmicas (PE) vivenciadas pelos(as) estudantes na construção do que para eles(as) são novos conhecimentos de ciência em sala de aula. Para justificar a adoção e cunhagem deste novo termo serão apresentadas premissas, justificativas e apoios da literatura a essa ideia.

Tomamos como premissas que existem culturas escolares e científicas, e que nas aulas de ciência na escola essas culturas⁴ se hibridizam. Entendemos também que das práticas que compõem as culturas científicas existem aquelas que não são epistêmicas e aquelas que são epistêmicas. As epistêmicas se relacionam à proposição, comunicação, avaliação e legitimação da construção do conhecimento científico (KELLY e LICONA, 2018). Admitimos e reconhecemos que, assim como as ciências, a sala de aula tem suas próprias práticas culturais. As PECEs vão se referir às práticas vivenciadas na sala de aula de ciências quando na construção de conhecimento, que para os estudantes seria novo, e portanto, epistêmico. Isso significa que estão sendo trazidas para a sala de aula práticas epistêmicas das ciências, e que essas irão se hibridizar com as práticas da cultura escolar -- formando então PECEs.

⁴ Em concordância com Scarpa e Trivelato (2013) adotamos a concepção de “culturas” no plural ao invés de “cultura” no singular quando nos referirmos tanto às culturas escolares quanto às científicas. As autoras afirmam que: “ (...) *não faz sentido falar em uma cultura científica, mas em culturas científicas situadas no tempo e no espaço*”.

Figura 1 - Representação da hibridização das culturas escolares e científicas formando as Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).



Fonte: Elaborada pelo autor.

A primeira premissa a ser justificada é que há uma ciência responsável pela construção de conhecimento novo e que essa ciência tem as Práticas Epistêmicas (PE) como uma importante característica. Rudolph (2003) chamou essa ciência, da construção de conhecimento novo, de ciência “tradicional”. Essa ciência não é a mesma que a ciência da sala de aula, mas. Essa se refere àquela normalmente praticada na academia e centros de pesquisa. O autor traz também que há uma grande diversidade de práticas científicas e que é necessário, devido, entre outros fatores, às limitações de espaço no currículo, fazer uma escolha de quais dessas transpor para a sala de aula. Dentre as representações das práticas da ciência “tradicional” a serem consideradas para a sala de aula o autor salienta a importância de incorporar aquelas relacionadas às Práticas Epistêmicas (PE) da ciência. A essas Práticas Epistêmicas (PE) da ciência tradicional, transferidas para a escola, hibridizadas e transformadas com/pelas práticas da cultura escolar, que chamaremos de PECEs.

Uma segunda premissa relacionada a essa questão é admitir que a ciência pode ser entendida como uma cultura, e que essa cultura tem características próprias. Essa concepção de ciência como cultura, como uma forma de ver o mundo, foi discutida nos capítulos anteriores e diversas referências da área que comungam com essa ideia foram apresentadas. Para citar algumas: Trivelato e Scarpa (2005), Driver & Newton (1997), Rudolph (2003), Sasseron e Duschl (2016), Fejes et al. (2012), Sasseron e Carvalho (2008), Trivelato e Silva (2011), Capecchi (2014), Mortimer et al. (1997,1998), Scarpa e Trivelato (2013), Tonidandel (2013), Carvalho (2008), Driver, Newton e Osborne (2000) e Sasseron (2015).

Para Scarpa e Trivelato (2013):

Sendo o conceito moderno de cultura entendido como relacionado às práticas sociais, às experiências estabelecidas por meio da ação comunicativa entre os sujeitos, é possível associar ciência a uma forma de cultura.

e

Já que a ciência é uma prática social, com seus valores, instrumentos, procedimentos, agentes e relações objetivas entre eles, produtos, regras de funcionamento, é possível enxergá-la como uma forma de cultura.

De acordo com Sasseron (2015) pode-se conceber a cultura científica como o conjunto de ações e de comportamentos envolvidos em atividades de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural. Driver et al. (1999), partindo da perspectiva de que o conhecimento científico é socialmente construído, validado e comunicado (perspectivas compartilhadas também por esse trabalho), apresenta uma visão de aprendizagem de ciências como um processo de apropriação⁵ de uma nova cultura, de uma nova forma de ver o mundo, e não de descoberta, já que o conhecimento científico é socialmente e historicamente construído. O estudo empírico do mundo natural não resultará em conhecimento científico por si só.

Segundo Scarpa e Trivelato (2013):

É frequente pesquisadores da área de ensino de ciências assumirem a ciência como uma cultura, com suas formas de narrativas particulares, práticas materiais, crenças, valores (Carvalho, 2008; Roth & Lawless, 2002; Driver, Newton & Osborne, 2000). É também comum na literatura especializada que o objetivo do ensino de ciências seja tomado como um processo de entrada do aprendiz em uma nova cultura, compreendendo e ensaiando a participação em suas práticas, valores e linguagens.

A terceira premissa é que existe cultura escolar. O reconhecimento da existência de uma cultura escolar é amplo na área. No intuito de compreender essa cultura escolar foram usados os

⁵ No artigo original os autores usam *enculturação*. Por conta de críticas da área a esse termo foi feita a opção de trocar *enculturação* por “apropriação de uma nova cultura”. Isso como forma de não ser perdido o sentido do que Driver et al. (1999) queriam dizer e ao mesmo tempo marcar concordância com as críticas. Scarpa e Trivelato (2013), por exemplo, trazem em seu artigo que: “Apesar de utilizado com o objetivo de ampliar e modificar o caráter de um ensino de ciências baseado na mudança conceitual, acreditamos que a utilização desse termo (em referência a “*enculturação*”) possa gerar interpretações equivocadas acerca dos objetivos da educação científica.

Com origem na antropologia, tanto *enculturação* quanto *aculturação* são expressões utilizadas para explicar as modificações sofridas por uma cultura em contato com outra. O uso de *aculturação* é duramente criticado por antropólogos, pois para explicar as transformações que ocorrem em grupos sociais que entram em contato por conta da expansão do capitalismo e do colonialismo, pressupõe que um dos grupos seja incorporado cultural e socialmente de maneira passiva pelo outro não dando conta da complexidade envolvida nessas dinâmicas.”.

trabalhos de Julia (2001), Pessanha et al. (2004), Scarpa (2009), Sasseron (2015), Scarpa e Trivelato (2013). Para Pessanha et al. (2004), Julia (2001) e Scarpa (2009) a cultura escolar compreenderia um conjunto de normas que definem os conhecimentos a ensinar e as condutas a serem inculcadas, além de um conjunto de práticas que permitem a transmissão desses conhecimentos e a sua incorporação. Para Scarpa (2009), é importante compreender a cultura escolar também como “*uma relação pedagógica submetida a tempos, lugares e objetos específicos*”. Faz parte da cultura escolar o próprio espaço da escola, a divisão do tempo, separação dos estudantes em salas de aula, cursos graduados em níveis e segmentação do conhecimento em disciplinas.

De acordo com Pessanha et al. (2004), os conhecimentos, valores e comportamentos assumem uma expressão particular na escola (espaço destinado/privilegiado para tal), mas também em cada disciplina escolar. A ideia de disciplina escolar como se conhece hoje é, de acordo com os autores, uma criação recente, do pós Primeira Guerra, e “ (...) *resultado da passagem dos saberes da sociedade por um filtro específico*” (destaque feito pelos autores). Epistemologicamente as disciplinas escolares não são reflexo, vulgarização ou adaptação pura e simples das ciências de referência, já que como construções históricas sofrem transformações internas e influências do contexto sócio histórico cultural das épocas pelas quais transitaram (PESSANHA et al., 2004).

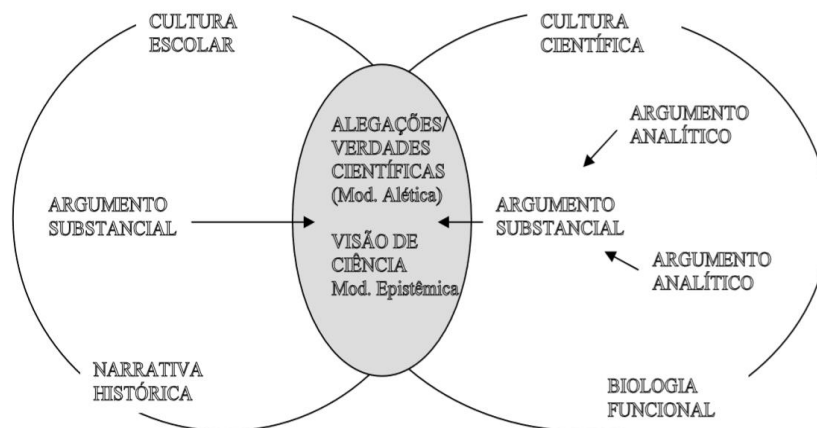
O último ponto para justificar a cunhagem do termo Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) vem da ideia de que as culturas científicas, inclusive em relação aos seus aspectos epistêmicos, se hibridizam com as culturas escolares na sala de aula de ciências (SCARPA, 2009; SCARPA e TRIVELATO, 2013). Acontece que na sala de aula de ciências muitos dos conhecimentos científicos são tratados como “verdades” científicas⁶. A hibridização seria interessante para trabalhar a noção de provisoriedade inerente à cultura científica, com a ideia de ciência como processo humano de construção de conhecimento, e por isso inacabado, falível e passível de testes. As autoras afirmam que “*No caso dos textos científicos analisados aqui, o recurso ao tempo verbal presente, principalmente realizando asserções gerais, assim como o uso predominante da 3ª pessoa como sujeito das orações é indicativo dessa tentativa de transformar resultados em fatos.*”. A prática e a linguagem científicas estariam, segundo as autoras, impregnadas pela modalidade alética (valor de verdade) e o discurso híbrido dos estudantes pode

⁶ Na cultura científica, quando na construção do fato científico, segundo Latour e Wolgar (1997), busca-se sempre uma “ascensão” ao ponto em que um determinado constructo ganha tal aceitação na comunidade da área que passa a ser aceito como “verdade” científica.

impor qualificadores às “verdades” científicas, modalizando epistemologicamente estas verdades, mesmo que o façam de forma diferente daquela praticada na cultura científica. O que é modalizado é a interpretação dos cientistas e não os resultados dos experimentos (olhando por exemplo para questões de ordem técnica).

O trabalho das autoras também apontou haver predominância de argumentos analíticos nos artigos científicos usados para caracterizar a cultura científica e que os argumentos das produções escritas dos estudantes na sala de aula de ciências eram predominantemente substanciais⁷. Em suas análises ocorria também, na sala de aula de ciências, a transformação da biologia funcional em narrativa histórica.

Figura 2 - Esquema representativo da hibridização das culturas científicas e escolares segundo Scarpa (2009).



Fonte: Extraído de Scarpa (2009, pg 177)

Em um artigo de 2015, Sasseron admite não só a existência de culturas científicas e escolares, como reconhece que em aulas de ciência pode haver hibridização entre essas culturas. Para a autora, o ensino de ciências não deveria almejar a transformação da cultura escolar em cultura científica, mas conceber uma “cultura científica escolar”. Essa cultura híbrida seria constituída não apenas das normas e práticas da sala de aula, mas de “ (...) *um conjunto de normas e práticas escolares próprias e adequadas às aulas de ciências da natureza* (...) ”. Isso não significa

⁷ Segundo Scarpa e Trivelato (2013) –“Quando a conclusão não apresenta ganho significativo de informação com relação à garantia, o argumento é considerado “analítico”. Neles, a conclusão é resultado óbvio dos dados e da garantia, como se apenas o embaralhamento das premissas fosse suficiente para se chegar à conclusão. Toulmin (2006) afirma que esse tipo de argumento é raro na prática cotidiana e os distingue de argumentos “substanciais”. Nestes, o argumento nunca é tautológico e as informações que permitem passar dos dados à conclusão são relevantes.” -.

reproduzir integralmente as práticas científicas da ciência “tradicional”⁸. As atividades científico-escolares (derivadas da hibridização das culturas escolares e científicas) teriam o potencial de promover a compreensão dos fenômenos naturais através da construção de modelos teóricos escolares, da intervenção sobre esses modelos, da observação e experimentação, da colocação de opiniões e juízos (argumentos) sobre processos e resultados, da construção argumentada e compartilhada de evidências e da reformulação coletiva das ideias. A autora afirma que essa hibridização pode ser evidenciada quando os estudantes produzirem argumentos que sejam não apenas uma forma de enunciar ideias, mas constituam-se de “*um processo de avaliação de enunciados, análise de possibilidades, refinamento de explicações e justificativas*”.

A Alfabetização Científica (AC) foi apresentada anteriormente como um norte para o ensino de ciências, e um processo de introdução dos estudantes a uma nova forma de ver o mundo, forma que perpassa por aprender conhecimentos estabelecidos das ciências, por conhecer inter-relações da ciência com a tecnologia, com a sociedade e com o ambiente e também compreender a natureza da ciência (NdC). As Práticas Epistêmicas da ciência se referem a um dos aspectos da maneira como se dá a construção do conhecimento científico. Dessa forma a promoção da AC perpassa também pela compreensão dos aspectos epistêmicos da construção do conhecimento. E já que as culturas científicas e escolares se hibridizam, a hibridização também ocorreria nos processos de construção do conhecimento científico em sala de aula. Ou seja, em sala de aula, almejar-se-ia, para a promoção da AC, que os estudantes se engajassem em Práticas Epistêmicas que são híbridas das culturas científicas e escolares. O engajamento nas PECEs seria promotor da AC na medida em que por meio desse processo os estudantes poderiam compreender aspectos epistêmicos da forma como o conhecimento científico é construído.

Kelly e Licona (2018) apresentam exemplos ilustrativos de Práticas Epistêmicas (PE) na escola, aqui chamadas Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Para criar esses exemplos os autores revisaram trabalhos que buscavam entender as perspectivas sobre ciência e as relações internas das comunidades científicas sob a ótica de múltiplas disciplinas (ciência cognitiva, sociologia, antropologia, retórica). Ou seja, o capítulo parte da revisão de estudos empíricos das práticas científicas para apresentar exemplos e implicações destas para, e no, ensino e aprendizagem de ciências. Os exemplos de PECEs específicas foram apresentados dentro de quatro diferentes eixos, formas como o conhecimento pode ser construído, comunicado, avaliado e legitimado na escola. Tais processos sociais podem se tornar rotineiros e modelados ao longo do

⁸ Emprestando aqui o termo ciência “tradicional” de Rudolph (2003)

tempo tornando-se Práticas Epistêmicas (PE). Os autores afirmam ainda que não há uma lista fechada, definitiva ou única de PECEs, mas que estas são dependentes do contexto da ciência da qual derivam e do contexto escolar.

Assim Kelly e Licona (2018) argumentam que as PE são:

(...) interacionais (construídas entre/por pessoas através de atividades coordenadas), contextuais (situadas em práticas sociais e normas culturais), intertextuais (comunicada através de uma história de discursos coerentes, sinais e símbolos), e consequenciais (a legitimação do conhecimento evidencia as instâncias de poder e a cultura).

e que

Diferentes currículos de ciências enfatizarão diferentes aspectos das práticas conceituais, sociais e epistêmicas para a educação.

Tradução nossa de Kelly e Licona (2018)

Dizer que as PECEs são interacionais significa, em nosso entendimento, afirmar que estas são construídas através da interação entre os atores envolvidos, que são, na construção do conhecimento científico, os membros de uma comunidade científica, e na sala de aula, normalmente os(as) estudantes e os(as) professores(as). Estas interações acabam desenvolvendo modos característicos de interagir que incluem as formas de falar e ser, com usos de discurso, sinais e símbolos da cultura científica específica ou geral e que podem envolver também a forma de interagir com textos, equipamentos, tecnologias e etc. Assim, diferentes comunidades científicas vão interagir de formas diversas e com isso apresentar Práticas Epistêmicas (PE) também diversas, e o mesmo pode e vai acontecer em diferentes salas de aula ou numa sala de aula com diferentes professores(as) ou equipamentos.

Por serem contextualizadas no tempo, no espaço, nas práticas sociais e nas normas culturais, as PECEs formam comunidades endógenas em que são reconhecidas por um grupo, mas podem se estender quando formuladas e comunicadas. Isso significa que o estudo das PECEs deve observar os momentos de interação *in-situ*, examinando os processos de interação que conduzem à construção social do conhecimento através de práticas culturais e interações daquele grupo, naquele momento.

Serem intertextuais equivale a entender que as PECEs fazem uso e referência a textos (escritos, falados, sinais, símbolos) característicos da área a que se referem. Essa referência a textos anteriores cria continuidade, e a escolha de quais textos estão sendo considerados caracteriza e

determina grupos. Diferentes grupos se servem de diferentes textos como base para a construção do conhecimento, cada grupo de pesquisa tem seus referenciais.

As PECEs são consequenciais e isso significa que na construção do conhecimento as instâncias de poder e cultura influenciam o que vai contar como conhecimento válido. A legitimação do conhecimento evidencia as instâncias de poder e a cultura. Na sala de aula o(a) professor(a) é sempre uma instância de poder, e por isso suas ações devem ser muito bem ponderadas, sob o risco de sua autoridade ser a única considerada para a legitimação do conhecimento que está sendo construído.

De acordo com Araújo (2008) os estudos das práticas epistêmicas na escola surgem em função de ensino investigativo e teriam sido pesquisadas anteriormente apenas no contexto de ensino exclusivamente investigativo. Ainda segundo a autora:

O conceito de práticas epistêmicas tem gerado diferentes propostas de ferramentas analíticas para analisar o movimento epistêmico dos estudantes e como as atividades investigativas podem criar ambientes de aprendizagem que favoreçam a apropriação de conhecimentos científicos e também das práticas discursivas de uma comunidade científica.

ARAÚJO, 2008

A abordagem didática do ensino por investigação (EnCI) é apontada por Sasseron (2015) como detentora de um grande potencial para promover o estabelecimento dessa “cultura científico escolar” já que permitiria “ (...) *romper com uma cultura escolar que se pauta, hegemonicamente, em práticas didáticas sem contextualização com o que é próprio do campo de conhecimento da disciplina.* ”. A autora explica que o EnCI pode ser uma opção de prática didática que não esteja pautado apenas em aspectos da cultura escolar, mas que permita a hibridização entre as culturas escolares e científicas. Acreditamos então que o EnCI poderia promover a compreensão de aspectos epistêmicos da construção do conhecimento científico através do engajamento em PECEs. Esse engajamento, além de propiciar a compreensão, seria também evidência da mesma.

1.3 Ensino de Ciências por Investigação (EnCI)

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) (tradução de *inquiry learning*) entra tanto como parte integrante do referencial teórico deste trabalho como o foi na elaboração da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), apresentada no subtópico 3.1 e intitulada “*O Mundo*

Microscópico”, da qual os dados empíricos foram retirados. A escolha dessa orientação como estruturante foi primordial quando se tinha em mente o objetivo de analisar o engajamento de estudantes em Práticas Epistêmicas (PE). Isso já que o EnCI é uma concepção que se aproxima das práticas da ciência, da construção do conhecimento na ciência (SILVA, 2015), podendo ser deveras interessante para que os estudantes aprendam não só sobre os produtos da ciência, mas também como ocorre a produção do conhecimento científico.

Mas é preciso considerar que são necessárias adaptações para inserir as investigações na cultura escolar -- e também que, segundo Sandoval e Millwood (2005), o EnCI não garante entendimento da epistemologia da ciência. É necessário promover engajamento epistêmico em atividades científicas para aprender sobre ciência (KELLY e LICONA, 2018). Reveles et al. (2004) inclusive afirmam que é necessário um metadiscurso reflexivo sobre as atividades de investigação para desenvolver entendimentos sobre a ciência.

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) hoje se desenvolve numa perspectiva não mais positivista da ciência, em que se achava que haveria um único método para investigar cientificamente uma questão -- nem tampouco que o ensino teria como objetivo formar cientistas na escola. Dentro dessa orientação o objetivo é apresentar aos estudantes uma nova forma de ver o mundo, apresentar uma nova cultura: a cultura científica (SASSERON, 2008). De acordo com Sasseron (2015), podemos conceber a cultura científica como o conjunto de ações e de comportamentos envolvidos na atividade de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural.

Em relação a esse processo de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica Tonidandel (2013) faz uma interessante preleção em sua tese quando vai apresentar o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Com sua ampla experiência na área de ensino a autora afirma que no Brasil o ensino de ciências teve como foco a aprendizagem de conceitos, leis e teorias da ciência e que pouco se via, durante os anos de escolarização dos estudantes, o desenvolvimento de habilidades e competências específicas da ciência. Ou seja, o currículo não era construído e baseado nas práticas e nos procedimentos científicos. Isso seria, na metáfora da autora, como se o(a) professor(a) de educação física abordasse apenas conceitualmente os diferentes esportes, sem nunca permitir que os estudantes os praticassem. Essa metáfora é poderosa porque em ambos os casos não seria suficiente restringir o ensino apenas ao aspecto conceitual, e tampouco seria indicado trabalhar apenas de forma prática. Ademais, assim como a educação física não pretende formar esportistas profissionais, o ensino de ciências não deve visar formar cientistas.

A temática da investigação aparece valorizada em documentos balizadores do ensino, tanto internacionais quanto nacionais. Podemos citar internacionalmente o *American Associations for the Advancement of Science* (AAAS, 1990 e 1993) e o *National Research Council* (NRC, 1996 e 2000), e nacionalmente os Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio – PCN (BRASIL, 1998) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - PNC+ (BRASIL, 2002). Essa valorização se dá, por exemplo, quando no primeiro dos documentos nacionais (PCN) são indicadas metas educacionais em torno de três conjuntos de competências gerais: a) Representação e comunicação; b) Investigação e compreensão; c) Contextualização sociocultural.

Blanchard et al. (2010) afirmam que nos documentos americanos (AAAS, 1993, 2000; NRC, 1996, 2000) o ensino por investigação é apontado como uma forma eficaz de ajudar os estudantes a aprender conteúdo científico, compreender a natureza da investigação científica e como participar no processo de investigação. Estes documentos também prescrevem que os(as) professores(as) deveriam gastar mais tempo usando estratégias de ensino por investigação em contextos de resolução de problemas e menos tempo em apresentações didáticas de fatos.

A investigação no ensino também vem sendo valorizada pelos instrumentos de avaliação de larga escala, tanto internacionais como o PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) (PISA, 2015) ou nacionais como Exame Nacional Ensino Médio (ENEM) (BRASIL, 2015). No caso brasileiro, a Matriz de Referência para o ENEM 2015, do Ministério da Educação, traz como um dos seus eixos cognitivos que os estudantes brasileiros devem desenvolver ao final do ensino médio a capacidade de “*Enfrentar situações-problema (SP): selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema*”. Podemos entender este eixo, se não como uma alusão indireta ao Ensino de Ciências por Investigação, ao menos como um provável produto do EnCI, ou então que o EnCI seria uma das melhores estratégias pedagógicas para contemplar este eixo cognitivo.

A pressão exercida por esses exames padronizados e de grande escala como PISA (internacional) ou ENEM (nacional) não pode ser ignorada, mesmo havendo críticas pertinentes a essa forma de avaliação, e apesar de estar nas matrizes de referências, parece válido perguntar se os estudantes submetidos ao EnCI teriam boas avaliações/pontuações nesses exames. Os resultados de estudantes submetidos a essa estratégia de ensino em detrimento de uma mais tradicional seriam melhores, iguais ou piores?

Como resultado de um estudo quantitativo envolvendo 1700 estudantes, e que comparava o ensino por investigação e uma abordagem mais tradicional, Blanchard et al. (2010) afirmam que de modo geral o ensino por investigação é mais eficaz nos resultados de testes em avaliações padronizadas, nos pós-testes após aulas baseadas no EnCI, apresentando maiores médias, maior crescimento (do pré-teste para o pós-teste) e maior retenção de longo prazo. Os autores trazem ainda críticas a trabalhos que obtiveram resultados diferentes, como o de Klahr e Nigam (2004) ou de Kirschner et al. (2006), já que nesses os estudantes eram privados de um escalonamento de níveis de investigação (esses serão posteriormente apresentados no quadro dois) (QUADRO 2) e do acompanhamento e instrução dos(as) professores(as). Assim Blanchard et al. (2010) defendem a efetividade do EnCI, mas salientam a importância do(a) professor(a) e do escalonamento em níveis nas atividades investigativas.

Os autores supracitados, ao ponderarem os resultados junto com a habilidade do(a) professor(a) (medida pelo *Reformed Teaching Observation Protocol-RTOP*, que é baseado no trabalho de PIBURN et al., 2000 apud BLANCHARD et al., 2010), encontram os melhores resultados nos testes padronizados quando o EnCI é desenvolvido por um(a) professor(a) habilidoso(a) e resultados piores que na abordagem tradicional quando o EnCI é desenvolvido por professores(as) que apesar de estarem no grupo de EnCI não se adequaram, não desenvolveram esta abordagem da forma que deveriam. Isso mostra que, de fato, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) requer desenvolvimento profissional extensivo para que os(as) professores(as) efetivamente o realizem.

Com a grande profusão de trabalhos acadêmicos, diretrizes institucionais e a presença nas matrizes dos exames de larga escala, surge um aparente entusiasmo dos(as) professores(as) pelo ensino por investigação. Acontece que esse entusiasmo não é acompanhado por um aumento na quantidade de vezes que essa abordagem didática é realmente usada em salas de aula de ciências (BLANCHARD et al., 2010). Mas por que isso aconteceria? No relato de Moss (1997; apud BLANCHARD et al., 2010), isso decorre do fato de muitos(as) professores(as) considerarem o ensino por investigação como uma abordagem que requer mais tempo e materiais para ser desenvolvida e mais esforço e tempo por parte dos estudantes – além de muitas demandas sobre os(as) professores(as), dificultando sua implementação sem apoio institucional. E por fim Lotter, Harwood e Bonner (2007; apud BLANCHARD et al., 2010) trazem que a receptividade dos(as) professores(as) ao EnCI é fortemente influenciada por suas concepções de ciência (visões da ciência, propósito da educação, estudantes e práticas de ensino efetivas).

De acordo com Campos e Nigro (2009) as concepções sobre a natureza do conhecimento científico dos(as) professores(as) influenciam a escolha do modelo de ensino que este adotará. Professores(as) com uma visão de ciência pautada no indutivismo tenderiam a adotar um modelo de ensino mais tradicional de transmissão-recepção das “verdades científicas”. Nessa concepção o conhecimento científico está na realidade, e à ciência cabe descobrir este conhecimento, havendo um método único e fechado/objetivo para fazê-lo (não existindo influência das teorias ou do conhecimento anterior). Nessa visão o conhecimento é estático, acabado, universal e absoluto, sendo a ciência neutra. O conhecimento científico a ser ensinado seria uma simplificação do “conhecimento real” e o bom estudante aquele que é capaz de memorizar e reproduzir o que foi ensinado. Já professores(as) com uma visão diferente da natureza da ciência estariam mais abertos a modelos de ensino como o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), em que o conhecimento científico não é tratado como uma verdade estática, acabada, universal e absoluta, mas como algo em constante construção, sendo construído e validado socialmente de várias diferentes formas, com influências múltiplas de contexto, das teorias vigentes, das ideias prévias e etc. Silva (2015) afirma que embora uma adequada concepção da Natureza da Ciência não seja elaborada apenas por meio do desenvolvimento de atividades investigativas, tal dimensão é fundamental na sua construção.

Tonidantel (2013) salienta ainda que, para as investigações, é necessário considerar o contexto sob qual disciplina estas serão desenvolvidas, já que as disciplinas acadêmicas têm linguagem, teorias e metodologias próprias. Ou seja: para desenvolver Sequências de Ensino por Investigação (SEIs) em aulas de Biologia é importante entender as especificidades das ciências biológicas.

1.3.1. Como podemos caracterizar o ensino e aprendizagem de ciências por investigação?

De acordo com Sasseron (2015) o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) tem sido valorizado na agenda da área e caracterizar-se-ia por ser uma forma de trabalho utilizada pelo(a) professor(a) para fazer com que a turma se engaje na busca de resolução de um problema, travando contato com fenômenos naturais e exercitando práticas e raciocínios de comparação, análise, discussão e avaliação, bastante utilizadas na prática científica.

Num contexto inspirado nas atividades de investigação científica os estudantes participariam de um processo de construção do conhecimento científico, auxiliados pelo(a) professor(a) e com

engajamento em Práticas Epistêmicas (PE). As PE são, como anteriormente apresentado, as ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com que os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento (KELLY; LICONA, 2018). Daí a importância de reconhecer que esses objetivos são integrados e fundamentais para uma educação científica eficaz, propiciando um afastamento de um ensino apenas dos produtos da ciência, para uma visão da ciência que inclui as bases evidenciais para o conhecimento e a necessidade de participação nas práticas culturais que conduzem à construção do conhecimento (KELLY, 2008).

Kelly e Licona (2018) trazem ainda que os estudos sobre a construção do conhecimento científico, e a construção do conhecimento no ensino de ciências, têm se baseado em grande parte nos campos da história, da filosofia, e mesmo que em menor grau, da sociologia da ciência. O estudo discute a investigação científica não como a reprodução de um “método científico” fechado e padronizado, mas como uma Alfabetização Científica (AC) em que há várias possibilidades de metodologias, da utilização de muitos tipos diferentes de procedimentos e experimentações na construção do conhecimento.

Apesar das múltiplas possibilidades deve-se considerar a existência de algumas características estruturantes específicas da investigação científica. Sua principal força motriz talvez seja a problematização, o enfrentamento de questões-problemas de/para investigação científica. Esta, de acordo com Machado e Sasseron (2012): “(...) *possibilitaria ao estudantes criar, pensar, explorar toda e qualquer forma de conhecimento e objetos de seu pensamento na busca pela solução.*”. Mas quaisquer problemas de investigação servem para o EnCI?

De acordo com Campos e Nigro (2009), para o desenvolvimento do EnCI são necessários problemas autênticos/verdadeiros e não problemas falsos/fechados, também referidos pelo autor como “*puzzles*” (do tipo quebra-cabeça). Nos problemas falsos/fechados há uma única resposta certa à qual os estudantes devem chegar. Já nos problemas autênticos/verdadeiros não há apenas uma resposta possível, nem uma técnica única de solução (seguir uma receita de bolo): há múltiplas diferentes respostas que podem no máximo ser classificadas como melhores ou piores, e para as quais há diferentes estratégias de resolução e graus de envolvimento.

Kelly e Licona (2018) entendem que uma abordagem investigativa inclui o incentivo para que os estudantes façam perguntas autênticas, planejem investigações autênticas e/ou usem os resultados das investigações para fornecer respostas às perguntas. Saljo (2012, *apud* KELLY e LICONA, 2018) tem uma visão de aprendizagem que envolve o "domínio de uma série de Práticas Epistêmicas (PE)" que exigem saber extrair dos textos os signos e símbolos de comunidades

relevantes e empregar conceitos nos processos de construção do conhecimento. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011) as atividades investigativas não se restringiriam a práticas de manipulação de materiais e ferramentas, mas deveriam propiciar a observação de dados, a construção de argumentos e explicações e a utilização de linguagens para comunicar hipóteses e sínteses. Estas considerações acerca da autenticidade do engajamento dos estudantes nas investigações em sala de aula foram importantes para a construção das diretrizes de análise dos dados empíricos deste trabalho⁹.

Em uma revisão do que seria esperado em uma abordagem pautada no EnCI, Scarpa e Silva (2013) citam diferentes autores, os quais, apesar de apresentar diferenças quanto à terminologia, têm um mesmo esquema geral de elementos ou etapas: 1) valorização de um problema autêntico; 2) uma estratégia para resolução do mesmo, que comumente contém atividades práticas e experimentais – as quais passam pela observação, coleta e tratamento de dados (vale ressaltar que não é condição *sine qua non* a existência de experimentação); 3) comunicação, com elaboração de explicações e argumentos. Já o *National Research Council* (NRC, 2000) norte americano apresentou cinco características essenciais que se aplicam a todos as séries quando se trabalha o ensino e aprendizagem por investigação: a) engajamento em questões científicas; b) priorização de evidências no desenvolvimento e avaliação de explicações para questões científicas. c) formulação de explicações científicas para evidências; d) avaliação das suas explicações em comparação com explicações alternativas – particularmente aquelas que refletem o entendimento científico; e) comunicação e justificação das explicações propostas. Pode-se perceber que nas atividades investigativas o foco da aprendizagem deixa de ser a aquisição de conteúdos científicos, os quais comumente, nas salas de aula, ditam os currículos. Parece haver no EnCI uma maior harmonia na promoção dos eixos estruturantes da Alfabetização Científica (AC), particularmente no que tange ao segundo eixo da mesma. Esse balanço contribuiria para a inserção do estudante na cultura científica.

Rogers e Abell (2008) pensam a investigação científica como as formas pelas quais os cientistas estudam o mundo natural e propõem explicações baseadas em evidências derivadas de seu trabalho. O ensino de ciências por investigação propiciaria, para os estudantes, tanto as habilidades de desenvolver uma investigação científica quanto a compreensão epistêmica sobre investigação. O estudo sobre o EnCI, por outro lado, teria múltiplas manifestações, já que poderia

⁹ No capítulo sete (“7. Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciarem a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “O Mundo Microscópico” – Análises e Resultados) essa discussão está mais aprofundada.

buscar entender o papel do(a) professor(a) no desenrolar das SEIs, a influência do trabalho em grupo, a importância do trabalho com dados empíricos e outras tantas facetas e possibilidades.

Rogers e Abell (2008) concordam com as diretrizes do National Research Council (NRC, 2000) sobre o que caracteriza o ensino e aprendizagem por investigação, e afirmam que “investigação completa”, em oposição a uma “investigação parcial”, só ocorreria quando todas essas características estivessem presentes. Mas de acordo com esses autores as investigações na sala de aula também podem variar de acordo com um gradiente de diretividade entre professores(as) e estudantes. Estes níveis de investigação são apresentados no tópico seguinte.

Jiménez-Aleixandre e Fernández López (2010) argumentam que as atividades baseadas em investigação são autênticas quando fornecem ambientes apropriados para o engajamento nas práticas epistêmicas (Proposição, Avaliação e Comunicação do conhecimento) propostas por Kelly (2008). O ambiente promovido pelo EnCI seria apropriado para a produção do conhecimento já que os estudantes seriam obrigados a trabalhar com explicações, a avaliar o conhecimento e a argumentação, à medida que são solicitados a selecionar evidências, interpretá-las e relacioná-las às conclusões e também a realizar comunicação do conhecimento.

1.3.2 Níveis de Investigação em Sequências de Ensino por Investigação (SEIs)

A abordagem didática do EnCI enfatiza o processo de propor questões ou problemas relevantes, recolher e analisar dados e construir argumentos baseados em evidências (ASSIS et al., 2012). Acontece que não se deve esperar que os estudantes, que seriam estrangeiros a essa cultura científica, sejam capazes de sozinhos e na primeira vez projetar e realizar suas próprias investigações. De acordo com Banchi e Bell (2008) os estudantes precisam do apoio do(a) professor(a) e de uma prática extensiva para desenvolver suas habilidades de investigação, até um momento em que possam conduzir sua própria investigação do início ao fim.

Os mesmos autores propõem níveis hierárquicos de investigação (Quadro 2 - Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um) para que os estudantes possam ir gradualmente progredindo em direção a um pensamento científico mais profundo. Estes autores, e outros como Campos e Nigro (2009) e Guisasola et al., (2009), defendem a ideia de que seria favorável uma progressão de atividades, ascendendo os níveis de investigação de modo que os estudantes tenham cada vez mais autonomia nas investigações. Esta graduação nos níveis de investigação traz subentendida a ideia de que há uma dificuldade crescente para o estudante e que ele precisa de um mentor(a) (comumente o/a professor/a) mais experiente.

Pode-se traçar um paralelo com os preceitos sócio-construtivistas, já que os desafios seriam traçados, em cada etapa da investigação, dentro do que Vygotsky (1978) convencionou chamar de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) e mediados por um indivíduo mais experiente. Desta forma haveria desenvolvimento e isso aconteceria com ajuda dos(as) colegas (companheiros/as de grupo) e do(a) professor(a).

Quando se trata das Práticas Epistêmicas (PE) alguns autores também postulam que essas são mais efetivamente incorporadas como parte de sequências de aprendizado, ou projetos investigativos, realizados durante várias sessões ou semanas, em vez de atividades em que os estudantes têm pouca autonomia decisória, tarefas em que se deve apenas seguir protocolos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010). Ou seja, o engajamento dos estudantes com diferentes PE também parece ocorrer por uma progressão gradual em direção a compreensão acerca de como se dá a construção do conhecimento científico. Silva, Gerolin e Trivelato (2018) já investigaram a relação entre autonomia dos estudantes em SEIs e o engajamento em PE, observando uma correlação positiva entre maior autonomia e engajamento.

A graduação dos níveis de investigação se concentra na quantidade de informação (pergunta norteadora, procedimento e resultados esperados) é fornecida aos estudantes e quanta orientação será dada pelo(a) professor(a) ou mediador(a) (BANCHI e BELL, 2008). No primeiro nível (1), de confirmação da investigação, são fornecidos pelo(a) professor(a) a questão e o procedimento/método, sendo que os resultados são também conhecidos com antecedência. Este nível de investigação é útil para reforçar uma ideia previamente introduzida, permitindo aos estudantes a experiência de conduzir uma investigação ou para que os estudantes pratiquem uma habilidade de pesquisa específica, como coletar e registrar dados. No segundo nível (2), a investigação estruturada, a questão e o procedimento ainda são fornecidos pelo(a) professor(a), mas os(as) estudantes têm que construir uma explicação a partir das evidências que produziram. No terceiro nível (3), investigação orientada, apenas a questão de pesquisa é fornecida e os estudantes devem elaborar o procedimento/método para testar a pergunta e construir explicação. Na investigação aberta (4), quarto e mais alto nível de investigação, os estudantes devem elaborar a própria questão, projetar e realizar as investigações, e comunicar seus resultados. De acordo com Banchi e Bell (2008) os últimos níveis requerem experiência nos primeiros níveis de investigação, isso incluindo serem capazes de registrar e analisar dados, bem como tirar conclusões a partir das evidências que recolheram.

Quadro 2 - Apresentação da classificação de Banchi e Bell (2008) dos quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.

Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão
1 – Confirmação da investigação Os(as) estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓
2 – Investigação estruturada Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) através de um procedimento prescrito.	✓	✓	
3 - Investigação orientada Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) usando os procedimentos por eles(as) projetados.	✓		
4 - Investigação aberta Os(as) estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles(as) mesmos(as) através de procedimentos também autorais.			

Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)

Outros autores como Buck et al. (2008) e Blanchard et al. (2010) se basearam no trabalho de Schwab e Brandwein (1962) (QUADRO 3) para separar e descrever os níveis de investigação em sala de aula. Esses níveis são essencialmente os mesmos de Banchi e Bell (2008), diferindo apenas um pouco quanto à nomenclatura e numeração. A diferença dos níveis de investigação se concentra em três atividades principais: fazer perguntas, coletar dados e interpretar esses dados. E o grau de investigação depende de quem é responsável pela atividade.

Quadro 3 - Níveis de Investigação adaptados de Schwab (1962) e usado por Buck et al. (2008) e Banchi e Bell (2008)

	Origem da pergunta	Métodos de Coleta de Dados	Interpretação dos resultados
Nível 0: Verificação	Dado pelo(a) professor(a)	Dado pelo(a) professor(a)	Dado pelo(a) professor(a)
Nível 1: Estruturada	Dado pelo(a) professor(a)	Dado pelo(a) professor(a)	Aberto ao(a) estudante
Nível 2: Guiada	Dado pelo(a) professor(a)	Aberto ao(a) estudante	Aberto ao(a) estudante
Nível 3: Aberta	Aberto ao(a) estudante	Aberto ao(a) estudante	Aberto ao(a) estudante

Fonte: tradução nossa

Na investigação do tipo verificação (Nível 0), também chamado popularmente de “receita de bolo”, a questão problema e os procedimentos são fornecidos pelo(a) professor(a). As conclusões podem não ser a *priori* conhecidas, mas o(a) professor(a) deve conduzi-los para a conclusão esperada. A despeito de qualquer variedade nos dados dos(as) estudantes, o(a)

professor(a) irá ajudá-los(as) na interpretação para que todos(as) cheguem aos mesmos resultados e entendam a importância desses. Na investigação "estruturada" (nível 1), os estudantes recebem a pergunta e os métodos/procedimentos de investigação, mas são responsáveis pela interpretação dos resultados. Na investigação "orientada" (Nível 2), os métodos/procedimentos de investigação e a interpretação dos resultados são de responsabilidade dos estudantes. Já quando em uma investigação "aberta" (Nível 3), os estudantes também formulam a questão, portanto, assumindo a responsabilidade por todos os principais aspectos da investigação (BLANCHARD et al., 2010).

Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) afirmam que o nível de investigação mais alto de cada uma das diferentes classificações não é inerentemente melhor que os níveis de investigação inferiores. Além de poderem servir como degraus, haveria, segundo tais autores, vantagens que não podem ser menosprezadas para quando os problemas de investigação são propostos pelos(as) professores(as). Ao decidir os problemas de investigação os(as) professores(as) poderiam alinhar as propostas de investigação com tópicos conceituais selecionados no currículo, permitiria preparar equipamentos e recursos, pesquisar e selecionar literatura antecipadamente, assim como testar potenciais dificuldades. Estes benefícios explicariam por que é tão incomum que os(as) professores(as) deem liberdade para os(as) estudantes decidirem as questões de pesquisa, mas os(as) próprios(as) autores(as) afirmam que há razões para se valorizar os níveis mais altos de investigação (quando os/as estudantes é que propõem as questões de investigação). Primeiro, porque isso permite aos(as) estudantes se envolver nos processos cognitivos da realização de investigações autênticas, e estas incluem a proposição de suas próprias perguntas, exatamente como os(as) cientistas fazem. Segundo porque isso favorece a participação dos(as) estudantes nos projetos de investigação. Em terceiro lugar porque isso aumenta a motivação e o interesse em ciência e nas práticas científicas, o que de acordo com os autores tem sido demonstrado por estudos comparativos internacionais -- que demonstram também que o interesse em ciências tende a diminuir à medida que os anos escolares prosseguem.

1.3.3 Caracterizando uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI)

Méheut e Psillos (2004) entendem que a construção de sequências de ensino-aprendizagem (TLSs do inglês *teaching-learning sequences*) são tanto uma atividade de pesquisa como um produto. Podem ser constituídas por um pacote de unidades (conjunto de aulas), incluindo atividades de ensino-aprendizagem bem pesquisadas e adaptadas empiricamente. Considerações que parecem influenciar o desenvolvimento de tais TLSs incluiriam a pesquisa sobre as

concepções dos estudantes, características do domínio científico específico, suposições epistemológicas, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas atuais e características do contexto educacional. As autoras chamam a atenção para uma análise epistemológica *a priori* do tema a ser ensinado.

Segundo as mesmas autoras é frequente encontrar trabalhos que trazem os resultados da aprendizagem após o vivenciar de TLSs, mas há poucos trabalhos que discorrem sobre sua construção. Quais as intenções de aprendizagem que nortearam a elaboração? Quais as concepções de ensino que embasaram a construção? Quais os conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais que se esperava atingir? Quais decisões explícitas e implícitas foram feitas? Qual a ideia dos processos de elaboração e validação do conhecimento científico que fundamentam o desenho da sequência? Nenhum desses aspectos costuma aparecer nos trabalhos. O que estas autoras afirmam é que alguns desses aspectos são possíveis de serem inferidos das TLSs publicadas em certa época e que isso refletiria os preceitos da área nesse período. As autoras consideram, por exemplo, que na década de 1970-1980 havia uma tendência de produzir TLSs que se focavam nas concepções espontâneas dos estudantes e na produção de conflitos cognitivos através da manipulação de materiais.

Ainda de acordo com Méheut e Psillos (2004), na utilização de uma sequência como ferramenta de ensino e/ou pesquisa, surgem diversos tipos de validação. Algumas abordagens metodológicas avaliam a eficácia de uma sequência comparando o "estado final" cognitivo do estudante com seu "estado inicial". A eficácia de tal abordagem se baseia na comparação dos resultados dos pré-testes com os pós-testes. Mas os próprios autores apontam problemas relacionados ao controle de variáveis e à reprodutibilidade do ensino experimental. Outro tipo de abordagem que ganhou destaque na pesquisa em educação científica consiste em observar os estudantes durante todo o processo de aprendizagem -- o que seria indispensável para o estudo dos processos de aprendizagem.

De acordo com Méheut e Psillos (2004):

Análises detalhadas dos percursos de aprendizagem dos alunos podem ser utilizadas para discutir a eficácia de uma situação de aprendizagem específica, para além da avaliação global de uma sequência, para testar as hipóteses subjacentes ao desenho das situações de aprendizagem e melhorá-las.

(tradução nossa)

Um apontamento de Méheut e Psillos (2004) sobre a elaboração de TLSs é que estas não são elaboradas facilmente e de uma única toada, mas são um empreendimento de longo prazo, cujo

produto é muitas vezes uma nova forma de trabalhar um conteúdo, diferente daquelas que aparecem em numerosos livros didáticos e currículos em todo o mundo.

Trivelato e Tonidandel (2015), após discutirem características gerais das ciências e algumas das peculiaridades da biologia e estando dentro da perspectiva da Alfabetização Científica (AC) e das práticas argumentativas, propuseram elementos estruturantes para a composição de Sequências de Ensino por Investigação (SEI).

De acordo com Trivelato e Tonidandel (2015):

(...) uma sequência didática de biologia baseada em investigação deve incentivar e propor aos alunos a) uma questão-problema que possibilite o engajamento dos alunos em sua resolução, b) a elaboração de hipóteses em pequenos grupos de discussão, c) a construção e registro de dados obtidos por meio de atividades práticas, de observação, de experimentação, obtidos de outras fontes consultadas, ou fornecidos pela sequência didática; d) a discussão dos dados com seus pares e a consolidação desses resultados de forma escrita e; e) a elaboração de afirmações (conclusões) a partir da construção de argumentos científicos, apresentando evidências articuladas com o apoio baseado na ciências biológicas.

A construção de uma sequência de aulas com estas características propiciaria o envolvimento dos estudantes na construção do conhecimento, aproximando as suas atividades do que seria considerado um "tratamento científico" dos problemas, e assim dando aos estudantes a oportunidade de desenvolver e aplicar seus novos conhecimentos. Como dito anteriormente, um processo como esse deve equacionar a liberdade que os estudantes precisam para construir suas ideias e as diretrizes necessárias para que os estudantes progridam no processo de construção e acomodação dos seus conhecimentos. Esse equacionamento poderia ser conseguido com o escalonamento dos níveis de investigação das propostas de atividades. Níveis crescentes de investigação não pressupõem diminuição da importância do(a) professor(a), este teria papel de destaque na sequência de atividades (GUISASOLA et al., 2009; BLANCHARD et al., 2010; TRIVELATO e TONIDANDEL, 2015).

Sobre o papel do(a) professor(a), vale ressaltar que o protagonismo lhe pertence em alguns momentos -- por exemplo, na formulação e apresentação do problema, ou quando este avalia que deve reformular as informações relevantes das atividades experimentais. Mas em outros momentos o(a) professor(a) deve se retirar para um segundo plano, supervisionando os grupos de estudantes. Isso porque eles(as) precisam de tempo para pensar por si mesmos e esclarecer suas ideias. (GUISASOLA et al., 2009).

1.4 Argumentação

Neste trabalho, tanto o EnCI como a argumentação cumprem uma dupla função, já que ao mesmo tempo representaram diretrizes para a elaboração da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) e constituíram uma das formas de estudo dos dados provenientes da pesquisa. Aqui temos também que ressaltar que, como dito por Erduran e Jiménez-Aleixandre (2007), as noções de "Práticas Epistêmicas" estão intrinsecamente ligadas a estudos de argumentação. Latour e Woolgar (1997) consideram a argumentação como uma prática estruturante da cultura científica e por isso entendem esta como uma Prática Epistêmica (PE) central da ciência. Para os supracitados autores, em seu livro "*A Vida de Laboratório, a produção dos fatos científicos*", a ciência é a prática da construção de fatos científicos, os quais são produzidos, apresentados e defendidos como/por Argumentos. A linguagem e o formato dos artigos, que são o produto final da prática científica, segundo esses autores, é a de um grande Argumento. Newton *et al.* (1999) afirmam que o Argumento é uma dimensão central da ciência e da educação científica. Mas o que é argumentação? Qual a importância da argumentação no ensino de ciências? Os próximos subtópicos irão abordar estas duas questões.

1.4.1 Caracterizando Argumento e Argumentação

O propósito deste tópico é caracterizar o que entendemos por Argumento e argumentação. O Argumento é uma declaração ou um processo? Um Argumento precisa ser produzido por um indivíduo ou pode ser construído por diferentes indivíduos? O Argumento está sempre relacionado a um contexto interacional ou pode ocorrer internamente na mente dos indivíduos?

Em relação à última questão, Erduran e Jiménez-Aleixandre (2007) afirmam que o Argumento pode ser individual e/ou social. À medida que se articula um ponto de vista pode-se dizer que se está desenvolvendo um Argumento individual; já quando há uma disputa ou debate entre pessoas que se opõem uns aos outros com lados opostos a uma questão o significado é social. Em outras palavras, um Argumento pode expressar uma cadeia interna de raciocínio ou uma diferença de posições entre as pessoas. Vale apontar aqui que o debate, ou diálogo, pode auxiliar no desenvolvimento do Argumento interno, já que ao externar verbalmente estamos desenvolvendo nosso pensamento -- isso considerando, como apregoado por Vygotsky (1978), que construímos nosso pensamento socialmente e através da linguagem. As autoras Erduran e Jiménez-

Aleixandre (2007) trazem, todavia, que alguns autores discordam desse duplo significado e propõem então que se use o termo Argumento para o produto, declaração ou peça de discurso e argumentação racional ou discurso argumentativo para o processo social ou atividade.

Sampson e Clark (2008) em sua revisão também se referem ao termo Argumento para os artefatos que um estudante ou um grupo de estudantes criam quando estão justificando conclusões ou explicações, enquanto o termo argumentação refere-se ao processo de construção desses artefatos.

Ainda de acordo com Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) a argumentação pode ser entendida tanto quanto a justificação do conhecimento, ou uma forma de persuasão ou convencimento. Na ciência a construção do conhecimento está ligada à justificação do mesmo, e as conclusões devem estar relacionadas por cláusulas lógicas ou por dados e evidências de diferentes fontes (ou ambas as coisas).

A argumentação como persuasão pode ser definida como o processo de convencer uma audiência. Segundo as autoras, esta visão da argumentação sofreu de descrédito no final do século XIX, já que essa época foi dominada pelas ideias positivistas, as quais consideravam a retórica, concebida como persuasão, como não científica, até mesmo associada a truques com palavras. O trabalho de Toulmin originalmente publicado em 1958 pode ser entendido como o ponto da virada, em que a interpretação da argumentação como prática discursiva é revalorizada.

O padrão de Argumento de Toulmin, que será apresentado num próximo tópico, apesar de não ter sido proposto especificamente para as ciências, hoje é amplamente valorizado no ensino dessa área. Muitos autores, como Erduran et al., (2004), Driver et al., (2000), Newton et al., (1999), Jiménez-Aleixandre et al., (2000), se apropriaram do padrão em seus trabalhos. Para Driver et al., (2000) a interpretação da argumentação como prática discursiva está envolvida no processo de chegar a um acordo sobre conclusões aceitáveis ou cursos de ação.

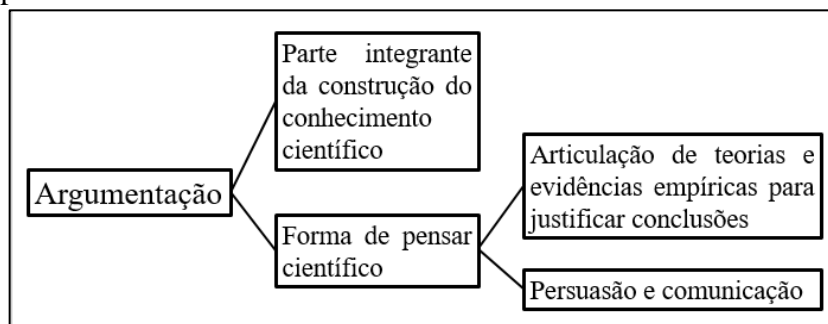
De acordo com Sasseron (2015) uma das possíveis formas para definir argumentação é a ideia de que esta consiste na defesa de afirmações concorrentes e constitui-se também em uma forma básica de pensamento que permeia a vida humana.

De acordo com Sasseron (2015):

Levar em conta a argumentação como forma básica de pensamento implica a possibilidade de que ela seja tomada para avaliar processos de construção de entendimento, pois a explicitação da argumentação, em seu ato discursivo, seja pela oralidade seja por registros gráficos, permitiria evidenciar as perspectivas de construção de entendimento de processos, ideias, conceitos e posições.

Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) trazem que a argumentação é tanto uma parte integrante da construção do conhecimento científico como a forma como o próprio pensamento científico se dá (FIGURA 3). Quando considerada a argumentação como a forma de pensar da ciência são abarcadas duas dimensões: (1) argumentação como persuasão e comunicação e (2) como uma forma de se articular teorias e evidências empíricas como justificativas para uma conclusão. Sasseron (2015) entende a argumentação como uma forma de comunicar conhecimentos e ideias. Podendo-se afirmar que a linguagem científica é por natureza uma linguagem argumentativa.

Figura 3 - Interpretação gráfica de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) sobre a argumentação como forma de pensar cientificamente e forma como o conhecimento científico é produzido.



Fonte: Interpretação gráfica, elaborada pelo autor, de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007, cap 1 pg 3).

1.4.3 Importância da Argumentação no Ensino de Ciências

O primeiro capítulo do livro “*Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*” intitulado “*Argumentation in Science Education: An Overview*” é escrito pelas organizadoras do livro e traz, após uma pequena introdução, a pergunta: por que a argumentação na sala de aula da ciência? (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e ERDURAN, 2007). As autoras começam a responder afirmando que nos últimos anos houve um número crescente de estudos se concentrando na análise de interações discursivas de argumentação em contextos de aprendizagem de ciências. Elas entendem ainda que há duas abordagens principais, uma relacionada a estudos científicos, que destacam a importância do discurso argumentativo na construção do conhecimento científico, como proposto por Latour & Woolgar (1986), e as consequências desse entendimento para a educação. Outro quadro é a perspectiva sociocultural (VYGOTSKY, 1978; WERTSCH, 1991), que aponta para o papel da interação social nos processos de aprendizagem e de pensamento, e sugere que os processos de pensamento superior se originam de atividades socialmente mediadas, particularmente através da linguagem.

A partir dessas abordagens, a aprendizagem de ciências incluiria a apropriação pelos(as) escolares de Práticas Epistêmicas (PE) científicas de proposição/produção do conhecimento científico, comunicação do conhecimento científico, avaliação e legitimação do conhecimento científico. O Argumento e a argumentação seriam então centrais na construção do conhecimento científico e no discurso científico. A argumentação desempenharia um papel central na construção de explicações, de modelos e de teorias à medida que os(as) cientistas usam argumentos para relacionar as evidências (D) que selecionam para as conclusões (C), alcançadas por meio do uso de garantias (G) e apoios (A) (TOULMIN, 2006). Também teriam lugar na comunicação do conhecimento científico. Segundo Latour e Woolgar (1979, apud SASSERON e CARVALHO, 2011b): “(...) *através da argumentação, realizada tanto em ambientes formais (artigos e palestras) como informais (conversas no ambiente de laboratório), que os cientistas convencem uns aos outros sobre a importância de Seus trabalhos, a verdade do que dizem e a necessidade de investimentos no financiamento de seus projetos.*”.

Andrée Tiberghien, no prefácio do livro de Erduran e Jiménez-Aleixandre (2007), traz o lugar da argumentação na educação científica em termos de três objetivos: (1) o conhecimento sobre a natureza da ciência (NdC ou no inglês NOS, *Nature of Science*); (2) o desenvolvimento da cidadania; (3) o desenvolvimento de habilidades de pensamento de ordem superior. Trabalhar a natureza da ciência (NdC) significa introduzir os princípios fundamentais, os paradigmas e os objetivos de natureza metadisciplinar. Isso normalmente não é feito na escola por se considerar que não é compreensível pelos(as) estudantes e difícil de ensinar e avaliar. Nos currículos disciplinares tradicionais, biologia, química ou física são ensinadas com o objetivo de aquisição pelos(as) estudantes dos conteúdos conceituais dessas disciplinas. O desenvolvimento da cidadania aqui se refere à capacidade de entender e se posicionar em relação às questões sócio-científicas. O último objetivo estaria relacionado ao desenvolvimento do raciocínio científico dos(as) estudantes, da forma de pensar cientificamente.

A autora (TIBERGHIEEN *apud* ERDURAN e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017) traz ainda que a argumentação pode ser entendida como um elemento-chave não só na "cultura científica" do cidadão, mas mais amplamente em uma visão transdisciplinar em que é necessário ir além das disciplinas científicas. Quando se trata de questões sócio-científicas, por exemplo as relacionadas aos organismos geneticamente modificados (transgênicos), ao aborto, a vacinação, estão envolvidos aspectos econômicos, de segurança, de saúde pública, religiosos e outros. Em algumas perspectivas de ensino, a ciência não é mais o objetivo, mas se torna uma ferramenta para ajudar o(a) estudante a entender os problemas sociais.

Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) propõem cinco contribuições potenciais da introdução da argumentação nas salas de aula de ciências:

- Possibilitar o acesso aos processos cognitivos e metacognitivos dos estudantes na construção e avaliação de modelos. Essa dimensão baseia-se na perspectiva que considera as salas de aula como comunidades de aprendizes. (1^a)
- Possibilitar o desenvolvimento de competências comunicativas e, particularmente, o pensamento crítico. Essa dimensão parte da teoria da ação comunicativa e da perspectiva sociocultural. (2^a)
- Possibilitar a promoção da Alfabetização Científica e capacitação dos alunos para falar e escrever na linguagem da ciência. Essa dimensão baseia-se nos estudos de linguagem e semiótica social. (3^a)
- Possibilitar a enculturação nas práticas da cultura científica, ou práticas epistêmicas, e o desenvolvimento de critérios epistêmicos para a avaliação do conhecimento. Essa dimensão baseia-se em estudos científicos, particularmente da epistemologia da ciência. (4^a)
- Possibilitar o desenvolvimento do raciocínio, particularmente na escolha de teorias ou posições baseadas em critérios racionais. Essa dimensão baseia-se na filosofia da ciência, bem como na psicologia do desenvolvimento. (5^a)

(Tradução nossa)

As autoras salientam, todavia, que essas dimensões influenciam umas às outras, e que sua realização não é garantida pela introdução da argumentação na sala de aula -- daí serem apresentadas como potenciais (a primeira das quais seria o acesso aos processos cognitivos e metacognitivos de construção do conhecimento). Essa alegação parte de uma perspectiva construtivista que vê o aprendizado como um processo de construção do conhecimento que só pode se tornar público por meio da linguagem.

A argumentação no contexto das salas de aula, onde os estudantes são participantes de uma comunidade de aprendizagem pode, assim, apoiar o desenvolvimento de processos cognitivos de ordem superior (uma das metas para a educação científica mencionada por Tiberghien). Ao tornar público o raciocínio é esperado que os estudantes retomem explicitamente suas declarações, apresentando possivelmente as evidências também de forma explícita e avaliem opções alternativas ou explicações; logo, incentivar a argumentação seria uma forma de acessar os processos cognitivos e metacognitivos da construção do conhecimento que está ocorrendo na comunidade de aprendizagem e individualmente.

Uma segunda potencial contribuição da introdução da argumentação no ensino de ciências, apontada por Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007), seria a possibilidade de desenvolver competências comunicativas e pensamento crítico -- este último relacionado ao desenvolvimento da cidadania, de educar para formação de cidadãos críticos, no sentido não apenas de um compromisso com a evidência, mas também da capacidade de refletir e influenciar sobre questões

sociais de relevância para suas vidas. Um pensador crítico tem um ideal educacional que enfatiza a razão, contrapõe teorias e crenças com evidências. Ou, como Paulo Freire colocou, capacita os estudantes a compreender a sociedade em torno deles e sua própria capacidade de transformá-la. O pensamento crítico pode ainda ser enquadrado como uma ferramenta para enfrentar a pseudociência e a credulidade.

Tanto a teoria crítica como as perspectivas socioculturais veem os processos educacionais e mentais em conexão com seus contextos sociais e históricos. Dessa forma o indivíduo muda para um sujeito epistêmico social, quando a razão é centrada na ação comunicativa e as normas de argumentação são compartilhadas. As competências linguísticas e comunicativas desempenham um papel central na ação comunicativa: as pessoas refletem sobre si mesmas e sobre o mundo e compartilham essas explicações com outras pessoas.

Para as autoras, a terceira potencial contribuição da introdução da argumentação no ensino seria a promoção da Alfabetização Científica (AC), a habilidade de falar e escrever Ciências. Ao se envolverem na construção de Argumentos os estudantes aprenderiam a falar e escrever na linguagem da ciência, incluindo as características retóricas, como a persuasão na argumentação. Os Argumentos podem ser vistos como parte dos processos sociais envolvidos na produção do conhecimento científico, nas negociações do lugar e do valor de uma afirmação na estrutura do conhecimento científico, uma vez que a escrita científica não pode ser vista como relato, mas como a construção do fato científico (LATOURET; WOLFGAR, 1997).

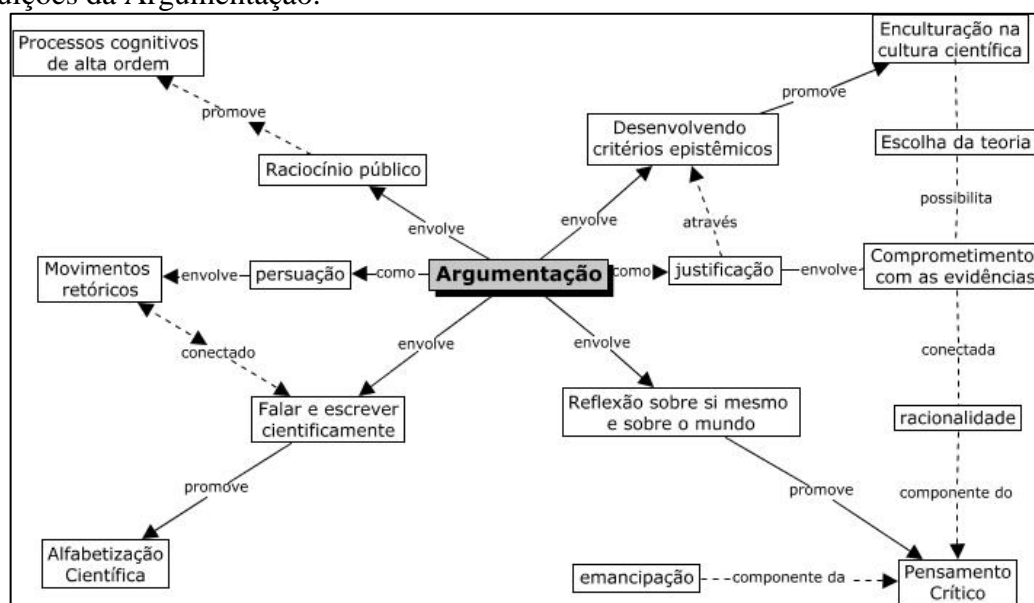
A penúltima potencial contribuição de se introduzir a argumentação no ensino de ciências, segundo as autoras, se refere à enculturação nas práticas da ciência, o que hoje é entendido como Práticas Epistêmicas (PE), e no desenvolvimento de critérios epistêmicos para a avaliação do conhecimento. A aprendizagem da ciência envolveria o aprendizado epistêmico, a apropriação de Práticas Epistêmicas (PE), que são a forma como uma determinada comunidade faz a proposição, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. O incentivo à apropriação das Práticas Epistêmicas (PE) da comunidade científica está relacionado com o objetivo de desenvolver os conhecimentos e habilidades dos estudantes sobre a natureza da ciência proposta por Tiberghien (*apud* ERDURAN e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017). A argumentação, com ênfase na justificção (J) das conclusões e na articulação entre conclusões (C) e evidências/dados (D), pode apoiar o desenvolvimento de critérios epistêmicos e, em geral, a enculturação nas práticas da comunidade científica. Aqui, novamente aparecem os elementos da estrutura do argumento de Toulmin (2006), e assim podemos imaginar que desta forma poderiam ser analisados. A quinta e última potencial contribuição da introdução da argumentação no ensino de ciências seria a

possibilidade de fomentar o desenvolvimento do raciocínio, particularmente para a escolha das teorias ou do posicionamento baseado em critérios racionais. Tudo isso sem negar que a pesquisa científica é influenciada por ideologia, poder, interesses comerciais, gênero, raça, cor e etc.

Driver et al. (2000) defendem que a pretensão de mostrar que o conhecimento científico é socialmente construído deveria receber uma prioridade muito maior, o mesmo valendo para as práticas discursivas em geral e o Argumento em particular. Seria importante ser capaz de apresentar Argumentos coerentes e avaliar outros, particularmente aqueles relatados na mídia, para que os estudantes entendam a base das conclusões com que são confrontados. Além disso, na nossa sociedade contemporânea e democrática, é fundamental que os jovens recebam uma educação que os ajude a construir e analisar Argumentos relacionados com as aplicações e implicações sociais da ciência. A partir das perspectivas socioculturais sobre a cognição, a argumentação é de grande importância para a aprendizagem de ciências, uma vez que permite aos estudantes a apropriação de práticas comunitárias, incluindo o discurso científico.

A figura quatro (FIGURA 4) é uma tradução de um quadro em que as autoras Jiménez - Aleixandre e Erduran (2007) fazem um resumo de algumas das potenciais contribuições da argumentação para os objetivos da educação científica.

Figura 4 - Mapa conceitual de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) com as possíveis contribuições da Argumentação.

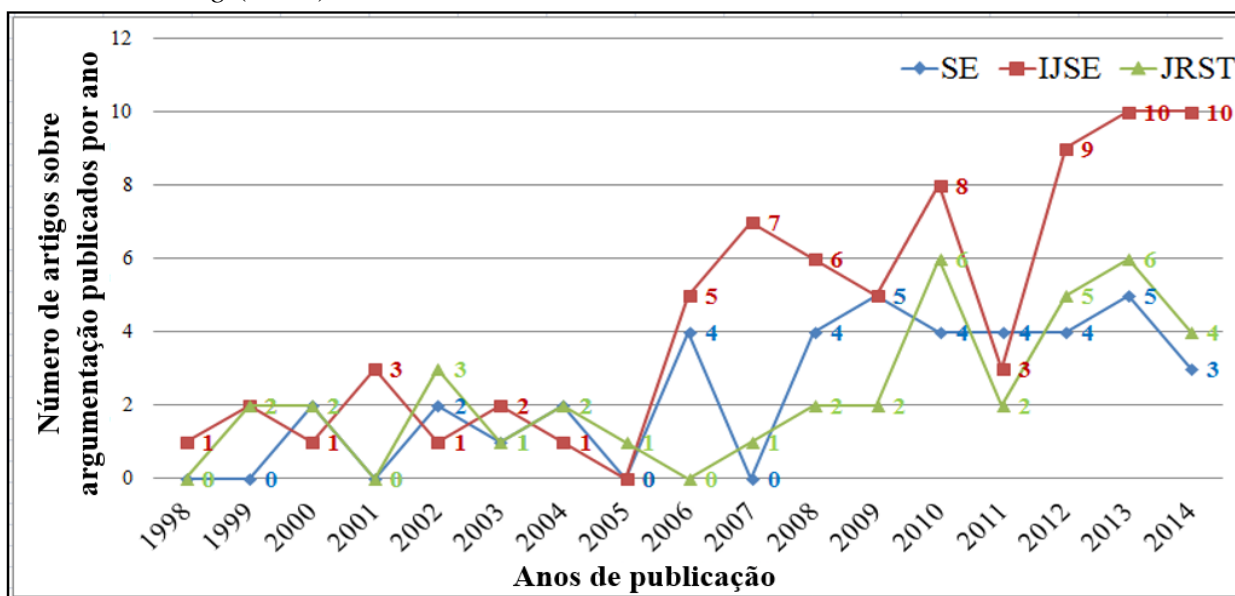


Fonte: Extraído e traduzido de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007)

A importância da argumentação no ensino de ciências pode ser evidenciada pela crescente valorização dessa área de pesquisa (ERDURAN et al., 2015), justamente por ser um processo extremamente importante, que deve ser ensinado e aprendido como parte do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) e Alfabetização Científica (AC). Essa valorização da argumentação como área de pesquisa na educação científica pode ser demonstrada pelo número de artigos sobre Argumentação publicados na área, e sua importância medida pelo índice de citações que os mesmos obtêm. De acordo com Erduran et al. (2015) sempre houve, entre os 10 artigos mais citados na área do ensino de ciências entre 1998 e 2012, artigos relacionados à argumentação -- uma evidência de que isso foi um tema significativo de investigação e recebeu atenção permanente dos educadores de ciências por mais de uma década.

Outra evidência da importância que a argumentação e a produção de argumentos receberam na área do ensino de ciências é a constatação feita pelos autores (ERDURAN et al. 2015) de uma tendência de aumento dos trabalhos a elas relacionados nos últimos anos. Nesse trabalho, os autores revisaram as publicações (1998 a 2014) em três das principais revistas da área – *Science Education* (SE), *International Journal of Science Education* (IJSE), and *Journal of Research in Science Teaching* (JRST) e constataram que, enquanto entre 1998 e 2002 houve 19 artigos, entre 2003 e 2007 foram 27, e de 2008 a 2012 foram 69 e entre 2013 e 2014, foram 38. Esse aumento fica mais evidente no gráfico abaixo retirado de Erduran et al (2015).

Gráfico 3 - Publicações de artigos sobre argumentação, de 1998 a 2014, nos periódicos *Science Education* (SE), *International Journal of Science Education* (IJSE), and *Journal of Research in Science Teaching* (JRST).



Fonte: Extraído e traduzido de Erduran et al., (2015). Na legenda: – SE corresponde à *Science Education*, IJSE ao *International Journal of Science Education*, e JRST ao *Journal of Research in Science Teaching*.

Outro ponto que pode ser considerado como evidência da valorização da argumentação na área do ensino de ciências é a defesa da incorporação da argumentação nos documentos nacionais e internacionais de diretrizes da educação científica. De acordo com Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007), nos Estados Unidos o *Next Generation Science Standards* (NGSS) (em português: Padrões de Ciência da Próxima Geração), seguindo as recomendações do Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council*, 2012), defende a argumentação como um componente significativo das práticas científicas a serem trabalhadas em sala de aula. Também a Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS, do inglês *American Association for the Advancement of Science*) defende a incorporação da argumentação no ensino. No Reino Unido, a importância do Argumento é reconhecida como um objetivo educacional para o Currículo Nacional de Ciência. Ainda de acordo com as autoras, no currículo nacional espanhol para ensino secundário, a relevância do uso de evidências e da argumentação é enfatizada tanto na definição geral das competências básicas quanto na descrição dos objetivos das matérias científicas. Também nas diretrizes da África do Sul, Turquia, Israel, Austrália, Taiwan e Paquistão as autoras encontraram defesas da incorporação da Argumentação e formulação de Argumentos -- além da inclusão da avaliação da capacidade de formular Argumentos no quadro do PISA, que é um sinal de reconhecimento da argumentação como uma habilidade importante.

No caso brasileiro, a Base Nacional Curricular Comum (BNCC, 2017) traz como uma das competências gerais:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos e a consciência socioambiental em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

A Matriz de Referência para o ENEM 2015, do Ministério da Educação, contém os eixos cognitivos que os estudantes brasileiros devem desenvolver ao final do ensino médio. Tais eixos englobam:

Eixo IV. Construir argumentação (CA): relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

Vale a pena observar que a argumentação nesses documentos é valorizada em seu âmbito geral e não restrita à área de ensino de Ciências.

As “Orientações Curriculares para o Ensino Médio” do Ministério da Educação – PCN+ (BRASIL, 2006) trazem a Alfabetização Científica (AC) e tecnológica como um dos grandes objetivos do ensino das ciências no nível médio, e enfatizam que para isso os estudantes deveriam ser capazes de considerar os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) nos Argumentos que envolvem as decisões políticas. E que, ao discutir aspectos sociocientíficos, provavelmente irão surgir, em sala de aula, diferentes pontos de vista, que deverão ser problematizados mediante Argumentos coletivamente construídos, com encaminhamentos de possíveis respostas a problemas sociais relativos à Ciência e à Tecnologia.

1.4.2 O Modelo de Toulmin

Com base em sua análise de Argumentos em uma variedade de contextos, incluindo cenários legais e Argumentos científicos, Toulmin (2006), em seu livro *The Uses of Argument*, apresentou um modelo, ou *layout*, que descreve os elementos constitutivos de um Argumento representando as relações funcionais entre eles. Este modelo tem sido utilizado pelos(as) educadores(as), e pelos(as) educadores(as) de ciências em particular, para identificar os componentes e as complexidades dos Argumentos dos estudantes (NEWTON et al., 1999).

De acordo com Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007), o modelo ou esquema de Argumento de Toulmin (2006) pode ser visto como um movimento em que o estudo da argumentação foge da lógica formal e vai se basear na forma como é praticado na linguagem comum. A lógica formal seria inadequada para inferências que conduzam a novas descobertas, já que muitas vezes suas verdades são meras tautologias ou verdades analíticas sem conteúdo substancial e, portanto, incapazes de sustentar quaisquer inferências que levem a descobertas novas.

Ainda segundo as autoras, o Argumento, segundo Toulmin, não tem a forma rígida de "premissas para conclusões", mas qualquer declaração ou conjunto de declarações justificada é um Argumento. Em outras palavras, ele coloca a validade de um Argumento na coerência de sua justificação. O modelo de Argumento de Toulmin, às vezes, é chamado de Padrão de Argumento de Toulmin ou TAP (do inglês *Toulmin's Argument Pattern*). Neste modelo a Conclusão (C) precisa ser baseada em dados (D), garantias (G), apoios (A), podendo ter qualificadores (Q) e/ou refutadores (R).

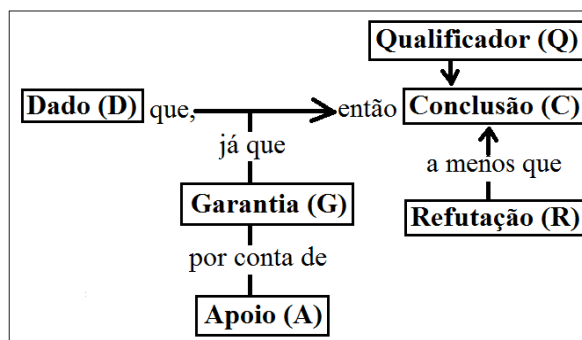
Essencialmente, o modelo de Toulmin especifica os componentes do raciocínio que conduzem dos dados para uma conclusão. Os principais componentes identificados por Toulmin são:

- **Dados (D):** são os fatos ou evidências, empíricos ou não, que sustentam a conclusão. São os fatos específicos invocados para apoiar uma determinada conclusão. Sem os dados não há argumento, seria apenas uma afirmação.
- **Conclusão (C):** esta é a alegação cujos méritos devem ser estabelecidos e que se está tentando defender. É a afirmação apresentada publicamente para aceitação geral.
- **Garantia (B):** são as razões (regras, princípios, etc.) propostas para justificar as conexões entre os dados e a alegação de conhecimento, ou conclusão. São quem legitima a passagem dos dados para a conclusão.
- **Apoio (A):** são o conhecimento teórico básico, que apoia, propicia confiabilidade, para a garantia. Leis, conceitos, teorias são a base desse componente.

Além disso, Toulmin identificou dois outros elementos que podem ser encontrados em Argumentos mais complexos:

- **Qualificador (Q):** tem a função de modular a força que a garantia tem na passagem do dado para a conclusão. Representa limitações na conclusão.
- **Refutação (R):** especifica as condições em que a conclusão não será verdadeira. São as exceções.

Figura 5 - Modelo ou layout de Argumento de Toulmin (2006), às vezes chamado de Padrão de Argumento de Toulmin ou TAP (do inglês *Toulmin's Argument Pattern*).



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de Toulmin (2006)

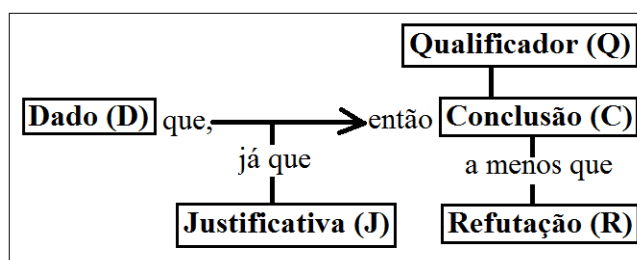
De acordo com Erduran et al. (2004) e Kelly e Takao (2002), apesar da sua utilização como um modelo para definir o Argumento, a aplicação do TAP à análise de dados verbais em sala de aula tem dificuldades. A principal é a falta de clareza em relação ao que se constitui como Conclusão (C), Dado (D), Garantia (G) ou Apoio (A). Organizar o discurso dos estudantes nos componentes do argumento de Toulmin exige uma atenção especial ao uso contextualizado da linguagem. Enquanto o modelo de Toulmin faz distinções entre seus elementos, na vida real seus componentes possuem ambiguidades. Por exemplo: a confirmação de uma Conclusão (C) pode

servir como uma nova afirmação a ser provada, ou estar a serviço de outra Conclusão (C), agindo assim como uma Garantia (G). Para lidar com essa dificuldade em identificar os elementos constitutivos do padrão de argumento de Toulmin (TAP), Erduran et al. (2004) propõem que a codificação seja guiada principalmente por uma diferenciação entre a Conclusão (C), as Refutações (R) e o que ela chamou de Justificativas (J). Justificativas (J) foi o termo adotado para juntar Garantias (G) e Apoios (A). A diferenciação desses elementos seria mais complexa e requereria maior precisão, devendo ocorrer apenas quando fosse necessária.

Juntando-se a proposição de Erduran et al. (2004) de um elemento que desempenharia as funções da Garantia (G) e do Apoio (A) com o entendimento por alguns autores, como Driver et al. (2000) e Sampson e Clarck (2008), de que existe liberdade para se fazer adaptações ao modelo proposto por Toulmin (2006), surge um padrão simplificado de Argumento. No modelo simplificado a Garantia (G) e o Apoio (A) são colapsados num só elemento denominado Justificativa (J):

- **Justificativa (J):** garantias e apoio colapsados num único elemento. É o elemento que faz a conexão, a ponte, entre os dados e a conclusão. Pode ser/trazer o conhecimento teórico, as leis, princípios, regras que permitem a passagem dos dados à conclusão.

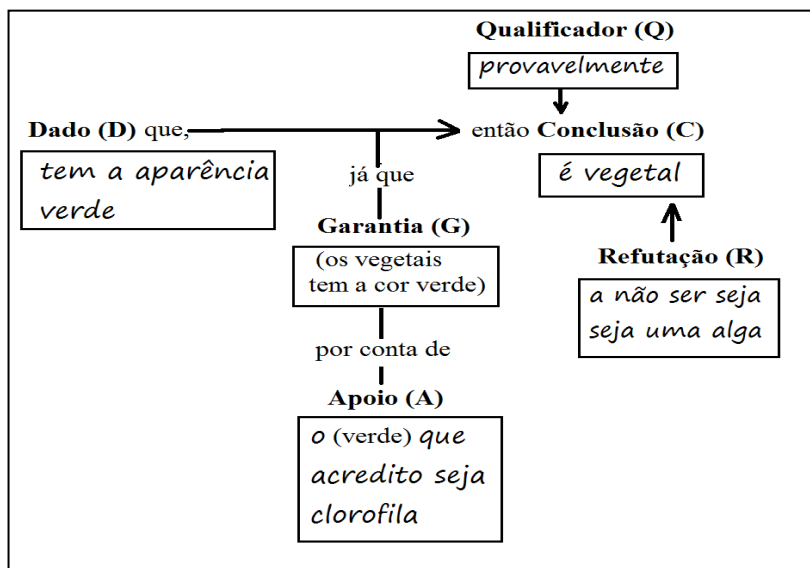
Figura 6 - Proposta de Erduran et al. (2004) para um TAP (do inglês Toulmin's Argument Pattern) com simplificações que ignoram a natureza da justificativa.



Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em Toulmin (2006) e Erduran et al. (2004)

Em seu livro “*ACTIVIDADES PARA TRABAJAR EL USO DE PRUEBAS Y LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS*” Jiménez-Aleixandre et al. (2009) apresentam um exemplo de um Argumento estruturado segundo a estrutura do padrão de argumento de Toulmin (2006). O Argumento em questão é apresentado a seguir, traduzido do espanhol, e com a adição de um Qualificador (Q) e uma Refutação (R):

Figura 7 - Exemplo de Argumento estruturado segundo o TAP de Toulmin (2006) retirado de Jiménez-Aleixandre et al. (2009).



Fonte: traduzido e modificado do original de Jiménez-Aleixandre et al. (2009).

No exemplo acima, de um Argumento estruturado segundo o TAP de Toulmin (2006) e retirado de Jiménez-Aleixandre et al. (2009), dentro das caixinhas e fora de parênteses são as falas dos estudantes e quando entre parênteses estão os elementos implícitos no raciocínio. A Refutação (R) e o Qualificador (Q) não estavam presentes no original e foram adicionados para ilustrar um Argumento com todos os elementos.

Como dito anteriormente por Erduran et al. (2004), é bastante complexo identificar os elementos do TAP. A visão dos autores é de que há inevitavelmente um processo de interpretação a ser feito, e que para isso é necessário ouvir ou ler várias vezes as declarações/produções dos estudantes e considerar o contexto e as comandas das atividades. Os autores desenvolveram uma forma de identificar a Conclusão (C) para quando houvesse declarações diferentes, em que ambas poderiam ser tomadas como conclusões. Esta maneira permitiu, segundo os autores, uma grande confiabilidade (80% entre diferentes codificadores – a codificação era dupla, feita separadamente e comparada). Para os autores a assertiva que fosse a resposta à atividade é que seria realmente a Conclusão (C).

O exemplo dado pelos autores talvez deixe essa ideia mais clara. No caso, os estudantes estavam argumentando sobre a validade de se construir um Zoológico e um deles disse:

- "*Zoológicos são horríveis*" e "*sou totalmente contra zoológicos*" (Tradução nossa)

Nesse caso, segundo Erduran et al. (2004) a ênfase está na segunda parte da declaração, porque o contexto da tarefa exige uma referência a uma posição particular (a favor ou contra os zoológicos) e esta é, portanto, a reivindicação substantiva.

1.5 Explicação

Explicar é a mais fundamental, talvez mais importante e possivelmente também mais recorrente ação de um(a) professor(a) de ciências em sala de aula (MARTINS et al., 1999; SILVA, 2002). O trabalho diário do(a) professor(a) é tentar, a partir de suas explicações, que muitas vezes contrariam as ideias de senso comum dos(as) estudantes acerca dos fenômenos naturais, estabelecer relações entre as visões de mundo dos(as) estudantes e as explicações das ciências sobre os fenômenos naturais. A dificuldade dessa empreitada deriva de que isso não se limita à aquisição de novos conhecimentos e informações, mas também estabelecer uma nova forma de ver o mundo e as relações homem e natureza. Aprender Ciências passa então a ser uma forma de ver o mundo, que nem sempre é a mais intuitiva. Imaginar que são os micro-organismos que causam resfriados é menos intuitivo que creditar que a chuva ou vento frio são os causadores, pensar a Terra como esférica é menos intuitivo que a imaginar plana, buscar um cobertor quente é mais lógico que buscar um cobertor que seja um bom isolante térmico (MARTINS et al., 1999).

Para os autores é curioso e até surpreendente que a explicação científica dos fenômenos (uma ação fundamental dos/as professores/as, e a qual almejamos que os/as estudantes aprendam), não venha recebendo a devida atenção na área de Ensino de Ciências. Estes relatam que o tópico não havia sido, até a publicação do seu artigo, alvo sistemático de estudo ou investigação na área de Ensino de Ciências. Hoje diversos autores e documentos oficiais balizadores da área (SILVA, 2008; KELLY; LICONA, 2018; CRUJERAS-PEREZ e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010; NRC, 2012; PISA, 2015; BNCC, 2017; PCN, 1998; PCN+, 2006) trazem a Explicação¹⁰ como Prática Epistêmica ou como habilidade a ser trabalhada. Não havia segundo Martins et al. (1999), e parece ainda não haver, investigação sistemática ou análise do que está envolvido na tarefa de ‘explicar’: apenas se alardeia

¹⁰ A partir desse tópico, ‘Explicação’ e ‘Explicações’, com iniciais em maiúscula, terão correspondência com, respectivamente, ‘Argumento’ e ‘Argumentos’. Já ‘explicação’ em letra minúscula corresponderá a ‘argumentação’.

que esta prática é importante, sem, no entanto, ser alvo de pesquisas sistemáticas. Segundo os últimos autores a experiência pessoal, e o exemplo de colegas mais experientes, tornam-se os(as) únicos(as) "professores(as)" possíveis para aqueles(as) que se iniciam na profissão. Tampouco parece haver, ao contrário do que acontece em relação aos Argumentos, estudos detalhados e aprofundados do que caracteriza uma boa Explicação.

A Explicação na ciência está relacionada a uma maior compreensão de por que ocorrem certos fenômenos. Assim, uma Explicação científica deve responder tanto o 'como' quanto os 'por que' dos fenômenos (MEYER e EL-HANI, 2005; BERLAND e REISER, 2009; VIZCAINO, ARÉVALO e TERRAZAN, 2015). Os últimos defendem também que dessa forma, para explicar um fenômeno em sala de aula, não basta o(a) professor(a) apresentar um fenômeno, é necessário orientar o(a) estudante na consolidação de uma interpretação alinhada com o conhecimento legitimado – isso, considerando que a linguagem de tal representação é múltipla, podendo estar associada a imagens, símbolos e conceitos. É necessário quebrar o fenômeno em pequenos elementos, cada um referindo-se a uma situação anterior conhecida, sendo que isso levaria a níveis mais elevados de organização cognitiva.

Também para Berland e Reiser (2009), construir Explicações é uma das práticas essenciais da investigação científica. Uma Explicação pode ser vista como uma tentativa de fornecer uma relação que especifique como aconteceu e/ou porque ocorreu. Para que isso suceda de modo satisfatório, uma Explicação deve usar evidências e conceitos gerais da ciência para dar sentido aos fenômenos específicos em estudo, articulando esses elementos de forma clara e daí propiciando o entendimento do fenômeno. Outra abordagem comum é apoiar os estudantes na construção de Explicações que podem ser defendidas com evidências. Nesta segunda estratégia a Explicação ganha estrutura semelhante a um Argumento científico, em que conclusões são defendidas com evidência. Nas comunidades científicas, as Explicações são desenvolvidas através da argumentação. Esta complementaridade da argumentação e das Explicações fica evidente em atividades em que, para promover argumentação, colocam-se Explicações concorrentes sobre determinado fenômeno. Por fim, as autoras também destacam a natureza social das Explicações. Ou seja, se houver interesse de que os estudantes se envolvam nas práticas de construção do conhecimento, deve-se entender que as Explicações são construídas em um contexto social, o que torna essa prática significativa.

Reséndiz (2006) entende por Explicação a parte do discurso que tenta fazer compreender algo, seja uma ideia, fato, objeto ou fenômeno, mas que vai além da descrição, já que trata também de tentar encontrar as suas causas. A Explicação seria então uma forma explícita com que

professores(as) ou estudantes podem conectar ou ligar/articular ideias, oferecendo um ou mais motivos para tornar compreensível um fato, fenômeno ou resultado. Assim, a Explicação é um dos meios utilizados pelo(a) professor(a) para fazer entender ou "dar sentido". Os autores salientam também que as Explicações têm natureza interativa, o que implica que as suas unidades de análise devem ser sequências de interação, não frases ou mensagens descontextualizadas.

De acordo com Sandoval e Reiser (2004), as Explicações são respostas a perguntas particulares, e essa conexão é importante epistemicamente. Em outras palavras, os tipos de Explicações produzidas sobre os fenômenos são limitados pelas questões formuladas na investigação desses fenômenos. Daí, segundo os autores, o valor de qualquer Explicação está relacionado à sua efetividade como resposta à pergunta original.

A importância das Explicações pode ser observada hoje em importantes documentos balizadores do ensino de ciências no mundo como o PISA ou o NRC Americano. No PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos - *Programme for International Student Assessment*), realizado desde 2000, a habilidade de construir Explicações é considerada uma das três dimensões da competência científica (PISA, 2015). O Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA (NRC, 2012) considera a construção de Explicações como uma das oito habilidades práticas necessárias para se envolver em pesquisa científica.

1.5.1. Um panorama das publicações sobre Explicações na revista *Science Education* entre (1998 a 2016)

Com o objetivo de fornecer uma análise da frequência com que Explicações aparecem nos trabalhos sobre educação científica, Del-Corso e Trivelato (2017) revisaram os trabalhos publicados entre 1998 a 2016 em uma das principais revistas de pesquisa de educação científica, a *Science Education* (SE). Esta revisão teve como base e inspiração o trabalho de Erduran et al. (2015), já apresentado aqui, que revisou a literatura sobre Argumentação. Essa revisão que aponta o panorama das publicações sobre Explicações na revista *Science Education* entre (1998 a 2016) foi apresentada no “X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS” que ocorreu na cidade de Sevilha (Espanha) de 5 a 8 de setembro de 2017. Os trabalhos apresentados nesse congresso foram também publicados no periódico “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 4611-4616, ISSN 2174-6486”. A publicação pode ser vista na íntegra nos anexos (ANEXO A).

O motivo da escolha dessa revista foi o fato dela apresentar um dos maiores índices de impacto na área da pesquisa em educação científica, além de ter sido uma das revistas revisadas no trabalho de Erduran et al. (2015), assim possibilitando comparações, e também por ser a revista palco dos artigos envolvendo a polêmica da importância e necessidade ou não de se diferenciar Argumentos de Explicações (OSBORNE e PATTERSON, 2011; BERLAND e McNEILL, 2012; OSBORNE e PATTERSON, 2012). Resenhas de livros, respostas, erratas e materiais editoriais foram todos excluídos porque interessavam contribuições de pesquisa originais. O início em 1998 foi opção para permitir comparações, tanto com a quantidade de trabalhos em Argumentação, 1998-2014 (ERDURAN et al., 2015) quanto com o panorama apresentado por Martins et al. publicado em 1999.

Para estabelecer as palavras-chave de busca, primeiro foi acessada a base de dados eletrônica da *Web of Knowledge*, também conhecida como *Web of Science* (<http://isiknowledge.com/>), separadamente, para cada uma das três principais revistas da área (*Science Education*, *International Journal of Science Education* e *Journal of Research in Science Teaching*). Para cada periódico selecionou-se a opção *artigos*, os *anos 1998-2016* e o termo de busca ‘*explanation*’ e a *ordenação por número de citações*. Com isso descobre-se qual o artigo com maior número de citações de cada uma das revistas selecionadas (TABELA 2). Estes artigos foram lidos e as possíveis variações de *explanation* encontradas foram estabelecidas como as palavras-chave.

Tabela 2 - Quantidade de artigos e artigos com o maior número de citações, entre 1998-2016, relacionados à Explicação (*Explanation*), encontrados nos periódicos *Science Education*, *International Journal of Science Education* e *Journal of Research in Science Teaching*

Periódico	Nº de artigos encontrados	Artigo com o maior número de citações	Nº de citações
<i>Science Education</i> (SE)	169	Sandoval e Reiser (2004)	202
<i>International Journal of Science Education</i> (IJSE)	190	Newton et al. (1999)	194
<i>Journal of Research in Science Teaching</i> (JRST)	106	Schwarz et al. (2009)	189

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

O estabelecimento das palavras-chave a partir da leitura integral dos artigos com maior número de citações de cada uma das principais revistas da área permitiu chegar às variações em que a tradução para o inglês de ‘Explicação’ pode ocorrer, a saber: *explanation*, *explain*, *explication*, *explicate*, *explained*, *explaining*, *explanatory*. Em inglês, ‘Explicação’ é melhor traduzido como ‘*explanation*’ do que como ‘*explication*’.

A busca para fazer a análise da frequência com que as Explicações aparecem nos trabalhos sobre educação científica foi feita também na plataforma eletrônica da *Web of Science* (<http://isiknowledge.com/>). Nesta selecionou-se o periódico (*Science Education*), o recorte dos anos (1998-2016), o tipo de documento (*artigo*) e usou-se como termo de busca *expla**. O asterisco (*) é o termo de truncagem mais flexível, pois recupera qualquer quantidade de caracteres, inclusive nenhum, permitindo achar qualquer das palavras-chave relacionadas à Explicação anteriormente determinadas. Os termos ‘*explication*’ e ‘*explicate*’ foram separadamente buscados, pois numa primeira busca para a revista *Science Education*, ao se usar *expl**, foram encontrados 517 artigos, mas este número de artigos era superdimensionado por abarcar palavras como ‘*explicit*’, ‘*explore*’, ‘*explicitly*’. Esta busca separada, usando-se *expla**, permitiu restringir para iniciais 248 artigos. Nenhum dos artigos com exclusivamente os termos *explication* ou *explicate*, buscados separadamente, foram selecionados na segunda triagem que será a seguir explicada.

Quadro 4 - Critérios da busca inicial de artigos relacionados à Explicação no periódico *Science Education*

Critérios	
Tópico (termo de busca):	<i>expla*/explication/explicate</i>
Nome da Publicação (periódico):	<i>Science Education (SE)</i>
Tipo de documento:	<i>article</i>
Anos da publicação:	1998-2016

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

Para a triagem secundária dos artigos foram lidos o ‘título (*title*)’, o ‘resumo (*abstract*)’ e as ‘palavras-chave (*Keywords*)’ dos 256 artigos encontrados. Esses tópicos são disponibilizados pela plataforma. A intenção aqui foi excluir artigos em que as palavras-chave não se referiam ao conteúdo, mas eram usados como um verbo em um sentido genérico. A presença de termos como *Explanation* nas palavras-chave automaticamente incluía o artigo na seleção final.

Tabela 3 - Quantidade de artigos encontrados na revista *Science Education* que apresentava alguma das termos-chave referentes à Explicação.

Tópico (palavra chave)	Nº de artigos
Explication	1*
Explicate	8
Expla*	248
Total de artigos	256*

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

* Um dos artigos encontrados continha tanto a palavra-chave ‘*explication*’ como ‘*explanation*’. Por isso, para determinar o total de artigos, esse não foi contado duas vezes. O total de artigos é determinado pela soma dos artigos encontrados para os diferentes tópicos menos um referente ao artigo que continha tanto a palavra-chave ‘*explication*’ como ‘*explanation*’.

Como resultados obteve-se que foram publicados na revista Science Education (SE), entre os anos de 1998 e 2016, 1.250 artigos. Aproximadamente 20% deles, 256 artigos, apresentavam ao menos uma das palavras chave (*Explanation, Explain, Explication, Explicate, Explained, Explaining, Explanatory*). Apenas um artigo apresentava a palavra-chave ‘*explication*’, sendo que este também apresentava ‘*explanation*’ em seu título e resumo. Oito artigos apresentavam ‘*explicate*’ em seu resumo, mas em todos eles o termo tinha sentido de verbo genérico.

Como a partir do tópico de busca ‘*expla**’, foram encontrados 248 artigos, pode-se inferir então que o que chamamos de Explicação em português aparece nos textos da área como *explanation* e não como *explication*.

O tópico ‘*expla**’ contempla, por causa do termo de truncagem (*), as variações de palavras chave ‘*explanation*’, ‘*explain*’, ‘*explained*’, ‘*explaining*’ e ‘*explanatory*’. Dos 248 artigos encontrados a partir deste tópico de busca, aproximadamente 48% (118 artigos) usavam alguma dessas palavras-chave apenas com um sentido genérico de verbo e não se referiam à Explicação na educação científica. Assim, dos 248 artigos, foram considerados válidos apenas 130.

Dos 130 artigos considerados válidos, foram encontradas em 29 artigos algum dos termos de busca (‘*explanation*’, ‘*explain*’, ‘*explained*’, ‘*explaining*’ ou ‘*explanatory*’) nos títulos (*title*). Em 92 artigos algum dos termos de busca apareceu nos resumos (*abstract*). E em 54 artigos algum dos termos de busca apareceu no campo palavras-chave (*keywords*) (TABELA 5). Alguns artigos podiam ter algum dos termos de busca em dois ou três campos diferentes, havendo todas as combinações possíveis (título + resumo; título + palavras-chave; título + resumo + palavras-chave; resumo + palavras-chave; ou cada um individualmente).

Tabela 4 - Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras chave ‘*explanation*’, ‘*explain*’, ‘*explained*’, ‘*explaining*’ ou ‘*explanatory*’ considerados válidos e excluídos.

Artigos	N°
Considerados válidos	130
Excluídos	118
Total de artigos	248

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

Tabela 5 - Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras buscadas relacionadas à Explicação, e com sentido válido, por local onde se encontrava

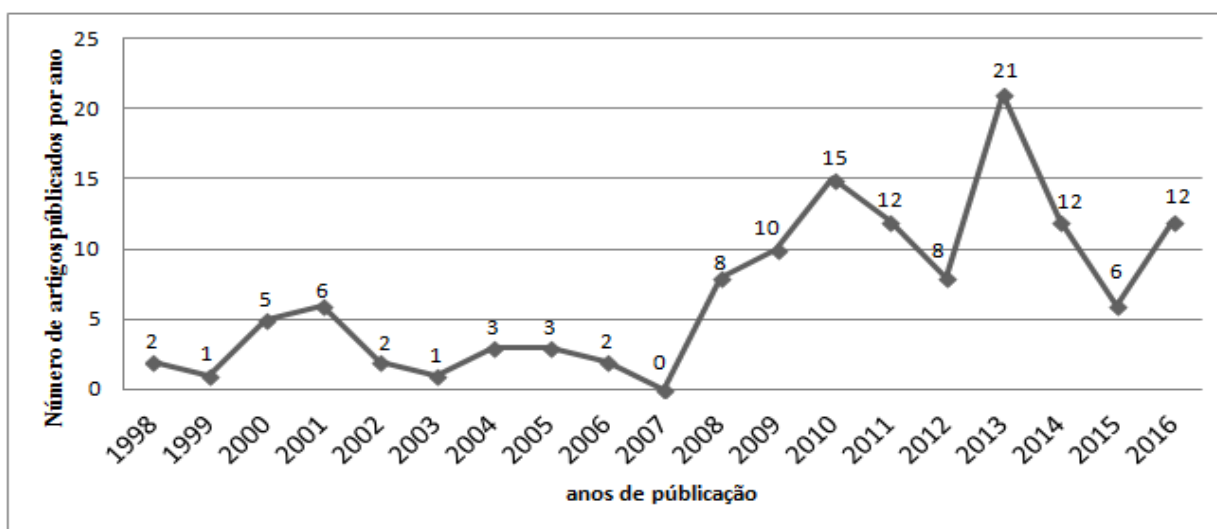
Local	N° de artigos*
Title (Título)	29
Abstract (Resumo)	92
Keywords (Palavras-chave)	54

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

* A soma do número de artigos aqui é superior ao número de artigos considerados válidos (130) pois os termos de busca poderiam estar em mais de um local.

O gráfico abaixo dá a conhecer a quantidade de artigos que apresenta alguma menção válida de “Explicação” e que foram publicados na literatura ao longo do período abrangido. Este gráfico visava identificar as tendências cronológicas sobre Explicação na literatura. Também interessava comparar com a tendência na área em relação à Argumentação (Erduran et al., 2015), e, por fim, buscar aferir se os polêmicos artigos que tratavam da distinção entre Argumentos e Explicações (Osborne e Patterson, 2011; BERLAND e McNEILL, 2012; OSBORNE e PATTERSON, 2012) tiveram algum impacto na tendência da área.

Gráfico 4 - Número de artigos envolvendo Explicação publicados por ano entre 1998 e 2016 na revista *Science Education*.



Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017)

Pode-se observar, principalmente a partir de 2007, uma tendência de aumento do número de trabalhos que apresenta menção válida de “Explicação”. Nos nove anos anteriores a 2007 a média de artigos relacionados à Explicação é menor que três artigos por ano, sendo que o maior número de artigos é 6 em 2001. Nos nove anos que sucedem 2007 a média de artigos publicados por ano é superior a 11, sendo que o ano com menor número de trabalhos é 2015 com 6, número igual ao ano com mais publicações antes de 2007. Pode-se observar também um pico em 2013, quando são encontrados 21 artigos relacionados a Explicação.

Conclui-se haver uma valorização da Explicação na área de ensino de ciências evidenciada pela tendência de aumento, ao longo dos anos, do número de artigos que mencionam o termo. Foram publicados, nos 19 anos amostrados, na revista *Science Education*, 1.250 artigos, dos quais 248 apresentavam pelo menos alguma das palavras-chave em algum dos tópicos buscados (*title*,

abstract, keywords). Acontece que em aproximadamente metade desses artigos (118, o que corresponde a 48% dos 248) o sentido de Explicação era de um verbo genérico. Já 130 artigos tratavam das Explicações como um conteúdo. Isso corresponde a aproximadamente 10% dos 1.250 artigos publicados no periódico entre os anos de 1998-2016. Essa porcentagem demonstra a importância que as Explicações apresentam na área do ensino de ciências.

Vale considerar que Erduran et al. (2015) aferiu que, num período equivalente (a amostragem considerada foi de 1998-2014), 5% dos artigos estavam relacionados com Argumentação. Isso significa que houve duas vezes mais artigos relacionados a Explicação que a Argumentos, quando comparados os dois estudos, que versavam sobre períodos semelhantes¹¹. Pode-se imaginar que o pico de publicações que ocorre em 2013 tenha alguma relação com os artigos que levantaram a polêmica sobre a importância ou não de diferenciar-se Argumentos de Explicações (OSBORNE e PATTERSON, 2011; BERLAND e McNEILL, 2012; OSBORNE e PATTERSON, 2012) -- já que estes artigos foram publicados na *Science Education* nos anos de 2011 e 2012 e poderiam ter estimulado o estudo de Explicações. Os impactos na área seriam sentidos não imediatamente mas proximamente, ou seja, em 2013, tendo assim promovido o pico de 21 artigos publicados.

Por fim o panorama das publicações sobre Explicações na revista *Science Education* entre (1998 a 2016) concorda com a afirmação de Martins et al. (1999) de que existiria quase um consenso de que “Explicar” é, possivelmente, a tarefa mais fundamental de um(a) professor(a) de Ciências. Isso de alguma forma contrasta com o que os autores diziam que acontecia com o tópico Explicação -- que, apesar de sua reconhecida importância, estaria negligenciado, ficando sempre em segundo plano ou tendo um papel acessório nas publicações da área.

¹¹ É preciso ponderar que o trabalho de Erduran et al. (2015) considerava os periódicos *Science Education*, *International Journal of Science Education* e *Journal of Research in Science Teaching*, enquanto que o trabalho de Del-Corso e Trivelato (2017) usa apenas a primeira destas três revistas.

2. Objetivos

Como forma de fundamentar os objetivos e as questões retomamos brevemente, antes de apresentar os objetivos e as questões de investigação propriamente ditos, o contexto teórico descrito nos capítulos anteriores. O primeiro ponto a ser recuperado é que este trabalho se pauta na ideia da Alfabetização Científica (AC) como elemento norteador no ensino de ciências, e define a mesma como um processo de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica -- processo que em nossa opinião perpassa por hibridizar as culturas científicas e escolares. Um ensino de ciências baseado nessa concepção (AC) pressupõe a importância de propiciar aos estudantes aprendizado sobre os conceitos principais e estruturantes das ciências, conhecimento sobre a forma como se estrutura e se produz conhecimento científico e o que influencia esta produção, e compreensão das inter-relações da ciência com a tecnologia, com a sociedade e com o ambiente. No ensino de ciências esses diferentes propósitos ficaram conhecidos como eixos estruturantes da AC.

Outro elemento do contexto teórico a ser retomado aqui, para respaldar os objetivos e questões de investigação, se refere às Práticas Epistêmicas (PE). Em relação a essas nos amparamos no trabalho de Kelly e Licona (2018) para defini-las como ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com as quais os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento. Os autores afirmam ainda que não há uma lista fechada, definitiva ou única de PE, mas que essas são dependentes dos contextos escolares aos quais se observa e dos contextos das ciências das quais se originam. Em relação às ciências das quais derivam, Rudolph (2003) afirma que, dada a diversidade de práticas científicas, o ensino de ciências que almeja promover a AC, através do engajamento em PE, deve enfatizar a natureza plural das práticas científicas da ciência “tradicional”¹². Convencionamos chamar de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) as práticas epistêmicas vivenciadas nas salas de aulas de ciências. As PECEs emergem da hibridização das culturas escolares com as culturas científicas “tradicional”, essas últimas no que concerne às suas práticas que sejam epistêmicas.

Como citado anteriormente na introdução, de acordo com Kelly e Licona (2018), considerar a AC como uma visão de aprendizagem implica almejar um "domínio de uma série de práticas epistêmicas" e o engajamento em PE, conectado a uma pedagogia cuidadosamente organizada,

¹² Como anteriormente apresentado no capítulo um adotamos o termo ciência “tradicional” como uma forma de diferenciar as ciências praticadas nos centros de pesquisa, laboratórios, universidades etc daquela que ocorre na escola.

promoveria a AC. Acreditamos então que o engajamento dos estudantes em PECEs seja tanto promotor da AC, como indicativo de que a AC está em processo.

Um terceiro ponto importante de embasamento deste trabalho, e de seus objetivos e questões de investigação, é o pressuposto que o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) (tradução de *inquiry learning*) é a melhor forma de hibridizar as culturas escolares e científicas, principalmente no que se refere ao ensino e aprendizagem de Natureza da Ciência e seus aspectos epistêmicos. Essa abordagem teria então o potencial de ensinar não só sobre os produtos da ciência, mas também como ocorre a produção do conhecimento científico, podendo isso ser evidenciado pela análise do engajamento em PECEs. Por conta disso o EnCI entrou tanto como parte integrante do referencial teórico deste trabalho como na elaboração da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”, da qual os dados empíricos foram retirados. A SEI foi intencionalmente construída de modo que suas aulas apresentassem uma progressão nos níveis de investigação (BANCHI e BELL, 2008), que crescem de modo que os estudantes tenham cada vez mais autonomia nos processos de investigação.

Por fim, um último ponto a ser retomado, o do contexto teórico apresentado nos capítulos anteriores, se refere à afirmação de Osborne e Patterson (2011) de que tanto a construção de Argumentos como de Explicações são PE científicas importantes, mas que falta clareza na distinção entre as duas. Latour e Woolgar (1997) e Kelly e Takao (2002), entre outros, também consideram a Argumentação como uma prática estruturante da cultura científica e entendem essa como uma Prática Epistêmica central da ciência. Conseqüentemente entendemos que as PECEs, de construir “Argumentos” e de construir “Explicações”, devem receber um olhar atento, inclusive no que se relaciona a sua diferenciação.

Os objetivos deste trabalho perpassaram pela produção de uma sequência didática, intitulada “*O Mundo Microscópico*”, baseada nos preceitos do Ensino por Investigação (EnCI) com aulas/atividades com graus crescentes de níveis de investigação e pano de fundo baseado em História da Ciência. Além de analisar as produções dos estudantes, que vivenciaram a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*”, em busca de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), estudou-se também a relação entre o crescente grau de liberdade das atividades investigativas da SEI e as PECEs vivenciadas. Por fim fez-se um olhar mais apurado para as PECEs relacionadas à construção de Argumentos e Explicações, quando ocorreram.

Assim, os objetivos deste trabalho podem ser destrinchados como:

- Construir e experienciar uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) com uma progressão nos níveis investigativos de suas aulas/atividades.
- Construir uma ferramenta de análise para verificar o engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) em relatórios escritos.
- Identificar quais Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) podem ser encontradas nas produções escritas dos estudantes após participarem da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”.
- Identificar Explicações e Argumentos nas produções escritas dos estudantes após participarem da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”.

As questões de investigação desse trabalho consistem em saber se:

- A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*” propicia o engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)?
- A progressão nos graus de liberdade das atividades da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*” reflete-se em um aumento qualitativo ou quantitativo de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes?

3. O universo da pesquisa e a tomada de dados

A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*” apresenta neste trabalho um caráter teórico-metodológico. Isso porque a SEI é resultado da articulação dos referenciais teóricos relacionados à Alfabetização Científica (AC), ao Sócio-construtivismo, às Práticas Epistêmicas (PE), ao Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), à História da Ciência, aos Argumentos, Explicações e alguns Conceitos Científicos. Ou seja, a SEI é uma construção teórica que apresenta também um aspecto metodológico, já que da sua experenciação derivam os dados empíricos usados para responder algumas das questões desta tese. Nesse tópico serão apresentados os detalhes das experenciações e a forma como foram feitos os registros dessas.

O corpo de dados utilizado para análise é constituído dos relatórios elaborados pelos(as) estudantes após vivenciarem a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”. Os materiais que compõem a SEI encontram-se nos apêndices (APÊNDICES B a H).

Foram feitas experenciações em três instituições diferentes, com públicos e características diversas. A primeira, da versão piloto da SEI, ocorreu na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação (EAFEUSP) em 2016. Uma segunda versão, já modificada, após análise não sistemática da vivência anterior, foi desenvolvida na Faculdade SESI de Educação para a turma de Licenciatura em Ciências da Natureza em 2017, 2018 e 2019. Por fim, a SEI foi adaptada e experenciada pelas turmas do 7º ano do Ensino Fundamental II do Colégio Brasília em 2018. Os dados analisados correspondem àqueles obtidos das experenciações na Faculdade SESI de Educação e no Colégio Brasília.

Seguem abaixo, em ordem cronológica, algumas características das instituições onde a SEI foi vivenciada, dos(as) estudantes dessas instituições e dos(as) professores(as) responsáveis. Após discorrer sobre esses tópicos, é apresentado um quadro que sistematiza e organiza os dados coletados.

3.1 Experiência Piloto da SEI na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP)

A SEI “*O Mundo Microscópico*” foi vivenciada pelas turmas de 2º ano do Ensino Médio da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP), no segundo semestre de 2016. A SEI foi desenvolvida pelo autor deste trabalho e com a participação de sua orientadora e de uma colega de pós-graduação que foi responsável pela SEI em uma das salas. Na outra sala o próprio autor deste trabalho e da SEI foi o incumbido. Dessas vivências foram produzidos pelos(as) estudantes um relatório para cada tópico de investigação (4 tópicos), uma linha do tempo e outros materiais. As salas dos 2ºs anos do Ensino Médio (2º-I e 2º-II) tinha aproximadamente 30 estudantes cada. Os microscópios¹³ eram levados para as salas de aula e depois recolhidos pelos(as) professores(as) e integrantes do GEPEB que auxiliaram na coleta dos dados.

¹³ Os microscópios usados nas investigações são de propriedade da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP) e estão disponíveis para empréstimo para pesquisas de iniciação científica, mestrado ou doutorado, e também para as disciplinas de metodologia de ensino de ciências ou estágio supervisionado, isso quando estas contêm atividade de regência e algum graduando faz requisição dos microscópios. Esses microscópios fazem parte de um dos kits desenvolvidos no Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte do projeto “Aventuras na Ciência”. Existem kits de Astronomia, Geofísica, Matemática, Física Óptica, Cores, Química, Termodinâmica e o de Biologia, do qual o microscópio, as lâminas, lamínulas e pinças foram obtidos. O microscópio é monocular com aumentos de 70, 150 e 400 vezes (lente ocular de 10x e três lentes objetivas de 7x, 15x e 40x), é confeccionado em plástico, com luz led como fonte de iluminação ou espelho. Apresenta um único parafuso de foco e não tem *charriot*: a movimentação da lâmina precisa ser feita de forma direta. Cada kit (IMAGEM 8) vem acompanhado de um folheto com propostas de experimentos e um pouco da história dos cientistas, mas esses folhetos não foram usados, sendo substituídos pelas fichas com as propostas e comandas das atividades investigativas da SEI “*O Mundo Microscópico*”.

Figura Erro! Apenas o documento principal. - Kits de Biologia desenvolvidos no Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte do projeto “Aventuras na Ciência” e usados para a experiência da SEI “*O Mundo Microscópico*” na EAFEUSP



Fonte: <https://www.educarecompanhia.com/> (acessado em 10/07/2018)

O professor responsável pelo desenrolar da sequência em uma das salas é formado em Licenciatura em Biologia pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com mestrado em ensino de ciências pelo programa Interunidades em ensino de ciências pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorando pela mesma universidade, na Faculdade de Educação (FE-USP), e faz parte do GEPEB¹⁴. Além de autor desta tese, foi professor regular em escolas da rede particular de ensino desde 2007, já tendo sido professor de ciências no fundamental I (clube de ciência por 1 ano), fundamental II (7º e 8º anos por 5 anos) e ensino médio (1º, 2º e 3º anos por 9 anos).

A professora responsável pelo desenrolar da SEI piloto no outro segundo ano é Bióloga pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Mestre em Ecologia pela Universidade de São Paulo (USP) e doutoranda em Ensino de Ciências (modalidade Biologia) pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP (início em março de 2017). Faz parte do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação (BioIn-USP). É professora voluntária na Educação de Jovens e Adultos desde 2008. Atuou no Ensino Não-Formal de Ciências durante 3 anos (2009 a 2011) por meio de projetos de Extensão Universitária voltados para o Fundamental I e II. A prática didática de ambos é fortemente influenciada pela literatura especializada, particularmente no que tange ao Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), Natureza da Ciência (NdC), Alfabetização Científica (AC), Argumentação e Explicação.

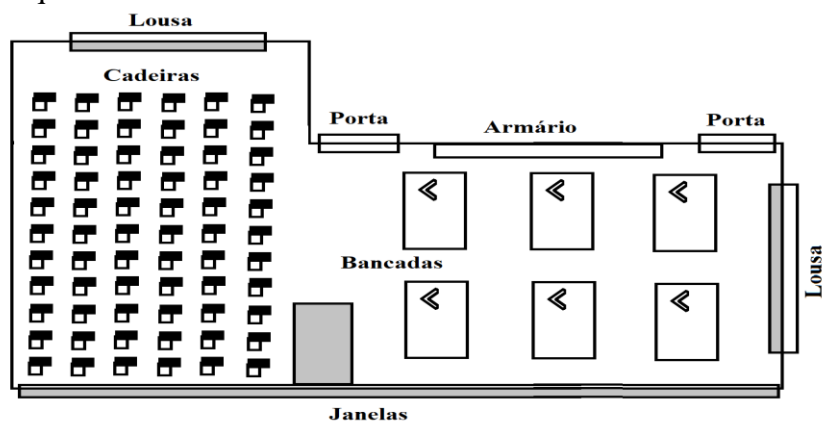
A Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP) localiza-se dentro da própria Cidade Universitária e é uma instituição de ensino que, além de oferecer escolaridade em nível fundamental e médio para cerca de 700 estudantes, destina-se à realização de pesquisas no campo da educação, visando o aperfeiçoamento de seu projeto educativo, a produção de conhecimento no campo da educação, e a contribuição ao ensino público em geral por meio da divulgação de suas experiências e reflexões. O próprio regimento da escola tem como diretrizes a necessidade de conciliar atividades de pesquisa científica e da prática pedagógica, de dar conta da grande quantidade de solicitações normalmente a ela dirigidas, e de oferecer subsídios para a avaliação das pesquisas realizadas nesta instituição.

A sequência didática foi experienciada com os estudantes dos 2ºs anos do Ensino Médio (11º ao 13º ano de escolarização) em aulas que ocorreram no contra-período. No total houve seis aulas/encontros com cada sala, com a duração de duas horas cada um. A primeira aula foi uma aula de apresentação e não fez parte da SEI. As segunda, terceira e quinta aulas tiveram tópicos de

¹⁴ Grupo de Pesquisa e Estudos no Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP-, sob a coordenação da Profa. Dra. Sílvia L. F. Trivelato

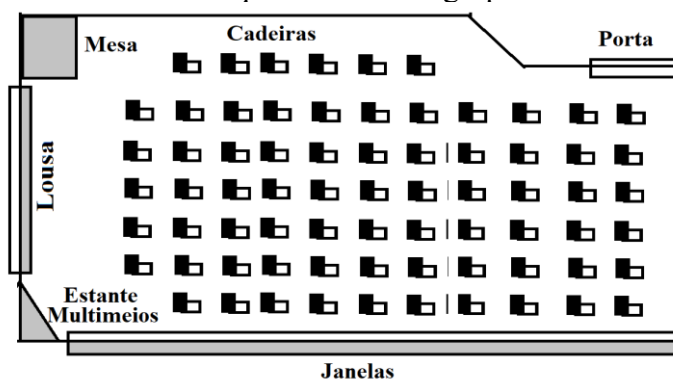
investigação. A terceira aula foi uma atividade de construção de uma representação tridimensional de uma célula com massa de modelar, gel e esferas de isopor divididas ao meio. A última aula foi uma avaliação em que os estudantes individualmente tinham que escrever uma carta para a *Royal Society* como se fossem ajudantes de Robert Hooke e relatando tópico de investigação da cortiça (explicado mais adiante). Quatro das cinco aulas que fizeram parte da experenciação da SEI ocorreram na sala ambiente da Escola de Aplicação (EA-USP). Uma aula ocorreu em sala regular da Faculdade de Educação da USP (FE-USP). A sala ambiente é composta por um espaço com arranjo semelhante a uma sala convencional e outro com duas grandes bancadas de laboratório, o que permite maior integração entre os ambientes, pois os(as) professores(as) podem mesclar as aulas em ambos os locais sem precisar deslocar os(as) estudantes de uma sala para outra. Um quadro apresentando a versão piloto da SEI “*O Mundo Microscópico*” experenciada na EA-UFESP será apresentado mais a frente.

Figura 8 - Croqui da sala ambiente onde ocorreram parte das aulas da turma do 2º ano II participante da pesquisa na EA-USP.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 - Croqui da sala de aula da Faculdade de Educação da USP (FEUSP) onde ocorreu a terceira aula da SEI “*O Mundo Microscópico*” e foram agrupados os 2ºs anos I e II.



Fonte: Elaborada pelo autor.

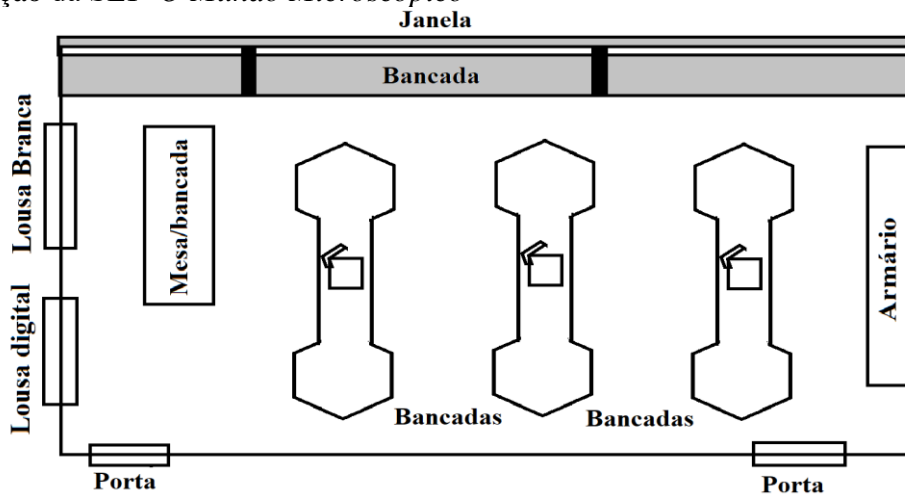
3.2 A Experiência da SEI na Faculdade SESI-SP de Educação (FASESP)

A Faculdade SESI-SP de Educação é uma instituição nova, tendo começado suas atividades apenas no primeiro semestre de 2017. Suas aulas ocorrem à noite e apresenta quatro cursos de graduação, sendo esses organizados por área do conhecimento: Licenciatura em Linguagens, Licenciatura em Ciências Humanas, Licenciatura em Ciências da Natureza e Licenciatura em Matemática. O autor deste trabalho é professor da instituição desde o segundo semestre de 2017 e foi o responsável pela SEI “*O Mundo Microscópico*” nos anos de 2017, 2018 e 2019, sempre para as turmas de primeiro ano (calouros) do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. O referido curso tem como objetivo a formação de professores(as) de Ciências para o ensino fundamental II e ensino de Física, Química ou Biologia para o ensino médio.

Em 2017 a experiência ocorreu no segundo semestre para os 22 estudantes que compunham a primeira turma da faculdade como parte da disciplina “*Biologia Celular e Molecular*”. Os componentes da turma de 2017 apresentavam perfis diversos, havendo estudantes recém-saídos do ensino médio e com as idades condizentes, 17 ou 18 anos, e outros formados há muitos anos, sendo pais ou mães de família e alguns inclusive cursando sua segunda graduação. Para essa turma foram cinco encontros de três horas. No ano seguinte a SEI foi novamente experienciada, agora com os seis estudantes que compunham a turma de 2018 e como parte de uma disciplina introdutória ao curso denominada “*Biodiversidade e Interdependência da Vida*”. Para essa turma as aulas tinham duração de uma hora e por isso foram necessários mais encontros. Foram 10 encontros/aulas de uma hora cada. Estes estudantes apresentavam perfis semelhantes aos da turma de 2017. A turma de 2019 apresenta 14 estudantes com perfis semelhantes às turmas dos anos anteriores e a SEI transcorreu novamente como parte da disciplina “*Biodiversidade e Interdependência da Vida*”. Ambas as experiências se deram no Laboratório de Biologia, que apresenta estrutura adequada, contando com bancadas, microscópios e outros equipamentos comuns a esses espaços.

A versão da SEI “*O Mundo Microscópico*” experienciada na Faculdade SESI-SP de Educação teve modificações em relação a versão piloto. O que mudou e porquê são apresentados posteriormente nesse trabalho. Um quadro apresentando simplificadamente a SEI como experienciada na Faculdade SESI de Educação (FASESP) também é apresentado mais à frente.

Figura 10 - Croqui do laboratório de Biologia da Faculdade SESI-SP de Educação onde ocorreu a experiência da SEI “*O Mundo Microscópico*”



Fonte: autoria própria

3.3 A Experiência da SEI no Colégio Brasília

O Colégio Brasília é uma tradicional instituição particular de ensino básico localizada na zona leste da cidade de São Paulo, onde funciona há mais de 40 anos. O Colégio faz uso do sistema apostilado Anglo, que apresenta uma concepção de ensino mais conteudista e tradicional. Em contrapartida o ensino fundamental II apresenta aulas, dentro da grade matutina regular, específicas de laboratório de ciências, para as quais não há material apostilado pressuposto, cabendo então ao(a) professor(a), com auxílio de uma laboratorista, pensar, planejar, elaborar e ministrar essas aulas. Cada turma de cada ano/série do Ensino Fundamental II (EF-II) tem uma aula por semana de laboratório de ciências. A escola apresenta três salas por ano/série do EF-II com aproximadamente 30 estudantes cada. Os estudantes estão na faixa etária condizente com as respectivas séries/anos (estudantes com entre 11 e 13 anos de idade), sendo que a SEI “*O Mundo Microscópico*” foi experienciada com as três turmas das 6^{as} séries/7^{os} anos. O Colégio tem um valor de mensalidade mediano em relação às escolas particulares da cidade, seu maior público pertence à classe média da região, mas apresenta também grande número de estudantes bolsistas, sem que haja distinção destes com os estudantes pagantes.

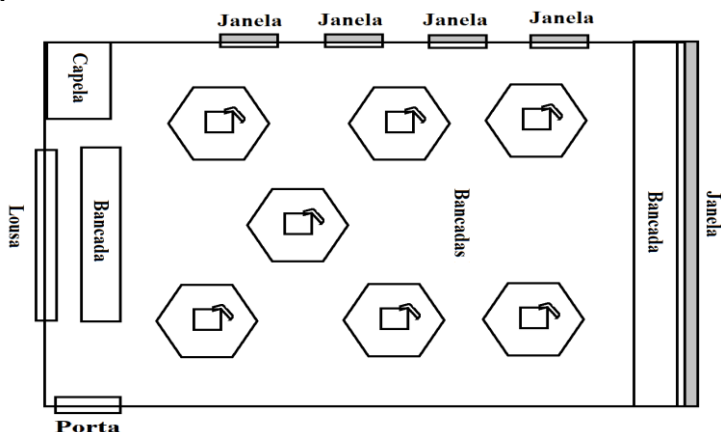
O professor responsável pela SEI possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (Bacharelado e Licenciatura) e faz parte do GEPEB desde o começo de 2018. Isso para se habituar aos referenciais teóricos do grupo, vide ter sido aprovado para cursar

o mestrado em Ensino de Ciências (modalidade Biologia) pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP, com início em agosto de 2018. Tem ampla experiência docente em colégios particulares, tendo atuado desde 2004, tanto no ensino Fundamental II como no Ensino Médio. As aulas foram sempre acompanhada pela laboratorista, que apesar de não ministrar a aula era sempre de grande importância na contenção de dispersões e indisciplinas, estava sempre de prontidão para fornecer materiais experimentais, distribuir os gravadores e recolher os materiais produzidos. A laboratorista é formada em química industrial, tendo terminado a graduação em 2017. Foi estudante do colégio durante sua educação básica. Por não ter formação na área de educação apoiava mais a logística das aulas do que interagia pedagogicamente com os estudantes durante as investigações.

A SEI foi desenvolvida no laboratório de ciências, o qual possui infraestrutura apropriada, com bancadas para trabalho em grupo. Os microscópios do kit de Biologia do projeto “*Aventuras na Ciência*” foram trazidos para a escola para as primeiras aulas, depois foi feito uso dos microscópios do colégio. Como citado anteriormente, as aulas acontecem uma vez por semana num encontro de 50 minutos para cada 7º ano, mas se iniciam na sala de aula regular e um pouco desse tempo é gasto com o deslocamento dos estudantes até o laboratório, que se localiza em outro andar do mesmo prédio. O tempo efetivo de cada aula girou em torno de 30 a 35 minutos. Isso pode ser observado pela duração da áudio-vídeo gravação do encontro do dia, registrado no quadro “*Quadro Geral de Experiências da SEI*” localizado em sua íntegra nos anexos (ANEXO B). Mais abaixo está um exemplo de como se estrutura o referido quadro. Para este exemplo foram escolhidas as duas primeiras aulas da SEI em sua versão piloto na EAFEUSP.

Abaixo segue um croqui do laboratório onde aconteceram as aulas:

Figura 11 - Croqui do laboratório do Colégio Brasília onde transcorreu a experiência da SEI “*O Mundo Microscópico*”



Fonte: autoria própria

3.4 Registro Sistemático das Experienciações. Compondo um banco de dados

Após apresentar algumas características das instituições onde foram experienciadas a SEI, dos estudantes destas instituições e dos(as) professores(as) responsáveis, é apresentado um quadro que exemplifica como foram organizados e sistematizados os registros. Este quadro foi produzido baseado na tese de Franco (2018) e por este intitulado “*Quadro Geral de Aulas*”.

Esses quadros registram: (1º) quando se deu cada experiência da SEI em cada instituição, trazendo para isso ano, mês, dia da semana, e período (matutino, vespertino ou noturno); (2º) quem participou destas aulas, quem era o(a) professor(a) que as ministrava, quem acompanhava a coleta dos dados e onde a aula ocorreu; (3º) algumas informações sobre o que aconteceu em cada aula em cada instituição, quais eram os temas das aulas, anotações do(a) professor(a), artefatos produzidos pelos(as) estudantes e (4º) dados relacionados aos registros, como quais arquivos de vídeo foram produzidos, quais fotografias, e observações dos(as) pesquisadores(as). Todas essas informações foram registradas em uma planilha de Excel cuja íntegra (ANEXO C) está nos anexos deste trabalho.

A estruturação dos dados nessa planilha contendo o “*Quadro Geral de Experienciações da SEI “O Mundo Microscópico”*” teve a intenção de constituir um banco de dados organizado para a presente pesquisa, mas também para outras pesquisas do GEPEB.

A importância de um banco de dados com os registros de experiências de Sequências Didáticas tem grande valor para um grupo de pesquisa -- isso ficou evidente quando os dados (coletados em 2011, 2012 e 2013) de uma SEI sobre dinâmica populacional, desenvolvida e ministrada por Silva (2015) foram usados no desenvolvimento de teses, dissertações, artigos e trabalhos de congressos por membros do grupo de pesquisa por vários anos e ainda não esgotados.

3.4.1 Exemplo do Quadro Geral de Registro das Experiências da SEI “O Mundo Microscópico”

O quadro abaixo é um exemplo de como foram feitas as anotações e registros das coletas de dados. Este quadro foi desenvolvido, como anteriormente apresentado, baseado em Franco (2018) e sua versão completa encontra-se nos anexos (ANEXO C).

Instituição	Data, Dia da semana, período e duração	Título e descrição da aula	Nível de Investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Professor(a) e suas anotações	Observador (a) e suas anotações	Turma nº e disciplina	Áudio-Vídeo gravações (nome do arquivo)	Artefatos Digitalizados e Digitados (nomes dos arquivos)	Anotações no quadro (transcrição ou fotografia)
EA-USP	19/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Introdutória A professora se apresentou para turma e vice-versa. Propôs uma atividade em que os estudantes pensavam e escreviam características dos seres vivos e depois sistematizava e debatia as mesmas. Por fim de modo dialogado expositivo apresentou os Níveis de Organização dos Seres Vivos	Não investigativa	Nathália Helena Azevedo	ninguém	2º EM – II (+- 30 estudantes)	Avg0_EA_01 Avg0_EA_02 Avg0_EA_03	Digitalização/Escâner: Rat0_EA_01 Digitação (Word/Pdf): Não há	Nome Níveis Biológicos de Organização Átomos → Moléculas → . . Biosfera
EA-USP	26/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Leeuwenhoek e os tecidos têxteis Investigação da qualidade de tecidos têxteis por quantidade de fios que compõem sua trama e urdume	2 Investigaçã estruturada	Nathália Helena Azevedo	Rodrigo e João	2º EM – II (+- 30 estudantes)	Avg1_EA_01 Avg1_EA_02 Avg1_EA_03 Avg1_EA_04 Avg1_EA_05	Rat1_EA_01 Rat1_EA_02 Rat1_EA_03 Rat1_EA_04 Rat1_EA_05 Rat1_EA_06 Rat1_EA_07	Sem uso da lousa

3.5 Padrões éticos na pesquisa em educação

Os padrões éticos deste trabalho observaram as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde¹⁵. Isso incluiu esclarecer os participantes, os responsáveis legais pelos(as) participantes (quando menores de idade), além das instituições envolvidas sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos e direitos. Incluiu também recolher todas as autorizações necessárias, tanto dos maiores envolvidos, como dos responsáveis pelos(as) menores. Todos tiveram garantida a plena liberdade de decidir sobre sua participação, podendo retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa. O modelo de consentimento e assentimento (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE) foi baseado naquele sugerido pela Comissão de Ética em Pesquisa da FEUSP e disponível no site da mesma¹⁶. A redação exata desses termos pode ser vista nos anexos (ANEXO D).

Foi garantida a confidencialidade e privacidade dos sujeitos e foi assegurado que os dados da pesquisa não serão utilizados em prejuízo ou para a estigmatização das pessoas ou comunidades, e que nas publicações será mantido o anonimato dos(as) participantes envolvidos(as)s. Nos comprometemos também em providenciar o retorno dos resultados às instituições envolvidas.

3.6 Análise Qualitativa ou Procedimentos metodológicos – aspectos gerais

Este trabalho apresentou diferentes metodologias para responder às diferentes questões de investigação. As especificidades das metodologias utilizadas para responder cada uma das diferentes questões de investigação serão apresentadas separadamente e posteriormente.

¹⁵ <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf> (acesso em 27/02/2019)

¹⁶ <http://www4.fe.usp.br/pesquisa/comissao-de-etica> (acesso em 27/02/2019)

O que pode ser dito de modo geral é que a investigação proposta por esse estudo se insere em uma perspectiva de pesquisa qualitativa. As análises qualitativas têm como corpo de dados as produções escritas dos estudantes após uma Sequência de Ensino por Investigação intitulada “*O Mundo Microscópico*” que será apresentada no tópico a seguir. De acordo com Lüdke e André (1986) e Günther (2006) a análise de documentos escritos, assim como os relatórios produzidos pelos(as) estudantes, estão mais comumente associados à abordagem qualitativa de pesquisa.

Günther (2006) diz que o que responde se a abordagem de um problema deve ser qualitativa ou quantitativa é a natureza dos objetivos e das questões de investigação. A principal razão pela qual esse trabalho se insere numa abordagem qualitativa é que seu objetivo, e suas questões de investigação, necessitam respostas de natureza qualitativa. Assim, usando números ou não, a natureza desse trabalho é qualitativa. Acerca das pesquisas qualitativas o autor traz ainda que o método deve se adequar ao objeto de estudo: não há um espectro metodológico ou técnicas padronizadas. Ao invés de utilizar instrumentos e procedimentos padronizados a pesquisa qualitativa considera cada problema objeto de uma pesquisa específica para a qual são necessários instrumentos e procedimentos específicos. O autor também enfatiza que os resultados na pesquisa qualitativa dependem de uma argumentação explícita, apontando quais generalizações seriam factíveis para circunstâncias específicas. Só dessa forma é que se poderia chegar a generalizações mais consubstanciadas.

Outro ponto trazido por Günther (2006) se refere a diferenças nas estratégias de coleta de dados das pesquisas qualitativas e quantitativas. A primeira (qualitativa) estratégia implica em relativa falta de controle de variáveis estranhas ou, ainda, a constatação de que não se pode controlar todas as variáveis existentes. Não há variáveis irrelevantes: todas as variáveis do contexto são consideradas importantes. As pesquisas em ensino se encaixam nestas características: não é possível isolar ou mesmo saber quantas diferentes variáveis influenciam o aprendizado dos estudantes. Existem uma infinidade de fatores, dentro da sala de aula, e externos a essa, que influenciam os resultados de uma pesquisa que analise a experiência de uma Sequência de Ensino em sala de aula. Há uma historicidade dos(as) estudantes, dos(as) professores(as), da instituição, do contexto, da sala de aula, que podem e vão influenciar os resultados. Na segunda estratégia – da pesquisa quantitativa – tenta-se obter um controle máximo sobre

o contexto, inclusive comumente produzindo ambientes artificiais com o objetivo de reduzir ou eliminar a interferência de variáveis interferentes e irrelevantes.

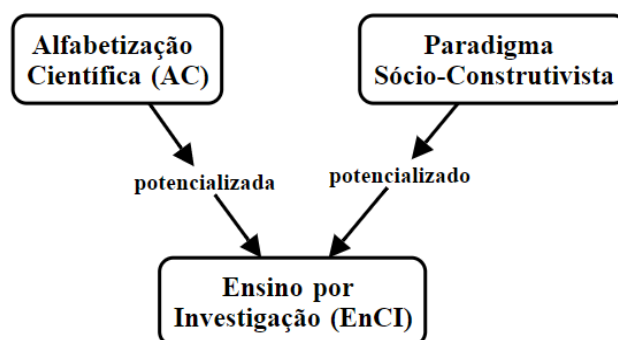
Lüdke e André (1986) trouxeram que já se tentou tratar as pesquisas em educação, o fenômeno educacional, da mesma forma, com os mesmos parâmetros com os quais se estudavam as Ciências físicas e naturais, isolando variáveis a fim de constatar a influência que cada uma delas exerceria sobre o fenômeno em questão. Essa perspectiva considerava ser possível decompor os fenômenos naturais para, através de estudos analíticos, isolando e selecionando suas variáveis básicas, e se possível de modo quantitativo, ter o conhecimento total dos fenômenos, no que é entendido pelas autoras como uma perspectiva positivista de pesquisa. Acontece que é muito difícil ou talvez impossível isolar todas as variáveis no fenômeno educacional. Os autores afirmam que os fenômenos educacionais que podem ser submetidos a esse tipo de abordagem analítica são poucos, já que em educação as coisas acontecem de maneira tão integrada que é quase impossível isolar variáveis e mais difícil ainda apontar responsáveis diretos por determinado efeito. E já que na pesquisa em educação não se pode desconsiderar as muitas variáveis que envolvem o processo pedagógico e estas são muito improvavelmente isoláveis, e como é muito difícil o estabelecimento de relações causais diretas, a pesquisa qualitativa tornou-se a forma preponderante na área (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

4. A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “O Mundo Microscópico”

Uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) caracteriza-se por um encadeamento de atividades em que são propostas investigações acerca de um problema claramente proposto, cabendo ao(a) professor(a) orientar análises, fomentar discussões a partir de textos, materiais, experimentos e observações e comumente propor o problema. Na SEI “O Mundo Microscópico”, a maioria das aulas apresenta um texto com a contextualização histórica das atividades práticas do dia e questões que têm a intenção de fomentar a construção de Argumentos e Explicações. É dado destaque para características das personalidades dos autores, dos experimentos históricos a serem realizados e seu contexto econômico, sociocultural e características da comunidade científica da época. Allchin (2011) destaca que o uso da história da ciência pode auxiliar a compreensão do conteúdo científico e o desenvolvimento de concepções mais bem informadas sobre como a ciência funciona, como o conhecimento científico é produzido e sobre as relações que a ciência estabelece com a sociedade, a política, a economia e a cultura.

Como apresentado no primeiro capítulo desta tese, o referencial teórico da pesquisa, e da elaboração da SEI, baseia-se em alguns pontos fundamentais: uma visão sócio-construtivista da aprendizagem (VYGOTSKY, 1978) e um ensino de ciências alicerçada na perspectiva da Alfabetização Científica (SASSERON, 2008; SASSERON e CARVALHO, 2008). Partimos também da ideia de que o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) têm o potencial de unir essas perspectivas.

Figura 12 - Ensino de Ciências por Investigação aliando a Alfabetização Científica e o Paradigma Sócio-Construtivista



Fonte: autoria própria

A SEI foi elaborada de modo a ter graus crescentes de liberdade em suas atividades investigativas: a cada nova etapa os(as) estudantes vão estando mais à frente da investigação, ocorrendo transferência de protagonismo da condução da investigação do(a) professor(a) para os(as) estudantes, e com isso caminhando no processo de emancipação. A SEI também favorece o trabalho em grupo porque adentrar sozinho(a) uma nova cultura, sem colegas para compartilhar aprendizado, é muito mais difícil. E também porque, como apresentado anteriormente, se a construção do conhecimento científico é social e não individual, adentrar a cultura científica em grupo é respeitar a socialidade da construção do conhecimento.

O Ensino de Ciências por Investigação (tradução de *inquiry learning*) foi escolhido como um dos preceitos porque é uma concepção que se aproxima das práticas da ciência, da construção do conhecimento na ciência, e fazer a sua adequação para a cultura escolar, com as devidas adaptações, pode ser deveras profícuo para que os(as) estudantes aprendam não só sobre os produtos da ciência, mas também como ocorre sua produção. Para entender como se dá a construção do conhecimento científico é necessário, segundo Kelly e Licon (2018), compreender como este conhecimento é proposto, comunicado, avaliado e legitimado pelas/nas comunidades de práticas socialmente organizadas e interativamente realizadas. O engajamento dos(as) estudantes em Práticas Epistêmicas (PE) adaptadas à cultura escolar seria uma forma poderosa de trabalhar o aprendizado sobre como se dá a construção do conhecimento científico. Segundo uma perspectiva sociocultural de educação, isso consiste em compreender o papel de uma comunidade de prática na decisão sobre o que pode ser considerado conhecimento relevante e as formas adequadas de construí-lo.

Os referenciais teóricos relacionados a Alfabetização Científica (AC), ao Sócio-construtivismo, às Práticas Epistêmicas (PE), ao Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), à História da Ciência, aos Argumentos, Explicações e alguns Conceitos Científicos, foram articulados para compor a SEI. Os registros derivados das experiências da SEI forneceram os dados empíricos para responder algumas das questões desta tese. A ferramenta construída para transformar os dados empíricos em evidências para responder as questões completa a metodologia desse trabalho. No subtópico abaixo serão apresentadas as diferentes versões da SEI em quadros simplificados. No segundo subtópico será apresentado como os referenciais teóricos foram articulados e se realizaram na constituição da SEI.

4.1 Diferentes versões da SEI “*O Mundo Microscópico*”

Abaixo seguem quadros que apresentam simplificadaamente as versões da SEI “*O Mundo Microscópico*” como foram propostas e experienciadas na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (EAFEUSP) (QUADRO 4.1.1), Faculdade SESI de Educação (FASESP) (Quadro 4.1.2) e no Colégio Brasília (Quadro 4.1.3). Após apresentar a estrutura básica da SEI são discutidos mais detalhadamente elementos de sua constituição e construção. A versão piloto da SEI foi apresentada no – “I Encontro de Ensino de Ciências por Investigação – EnECI 2017” -- (ANEXO E) e a versão final, como experienciada no Colégio Brasília foi apresentada no “ Encontro de História e Filosofia da Biologia 2019” (ANEXO F).

4.1.1 Quadro simplificado da SEI “O Mundo Microscópico” experienciada na EAFEUSP¹⁷

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/ Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008) ²	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 1: Introdução e mútuas apresentações	1º Dinâmica de mútuas apresentações 2º Aulas dialogadas expositivas “Níveis de Organização dos Seres Vivos”	Não presente	Não investigativa	- “Átomos → Moléculas → Organela → Célula → Tecido → Órgão → Sistema → Organismo → População → Comunidade → Ecossistema → Biosfera”	- Não presente
Aula 2: “ <i>Leeuwenhoek e os tecidos (têxteis)</i> ”	1º PowerPoint: Como Elaborar um Relato de Pesquisa. 2º Instruções de uso do Microscópio. 3º Entrega de relatório de investigação - Leeuwenhoek e a qualidade dos tecidos. 3º Linha do tempo da Microbiologia.	Classificar os diferentes tecidos fornecidos de acordo com sua qualidade (quantidade de fios que compõem a trama).	2 – Investigação estruturada (a questão e o(s) procedimento(s) são fornecidos pelo(a) professor(a), mas os(as) estudantes têm que construir uma explicação a partir das evidências que produziram. ¹⁸	- Familiarização com o uso do microscópio óptico - Familiarização com a elaboração e os itens básicos de um relatório - Princípio de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica - Gênese de compreensão da natureza da investigação científica - Desenvolver a habilidade de selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados, para tomar decisões e enfrentar situações-problema - Domínio de uma série de práticas epistêmicas - Relação do desenvolvimento das tecnologias (microscópios) e a ciência	- A invenção do Microscópio simples pelos Janssen - Importância da Royal Society - Anton van Leeuwenhoek como o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares e aprimorador do microscópio simples
Aula 3: “ <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ”	1º Entrega de relatório de investigação – Robert e o Salto da Pulga. 2º Linha do tempo da Microbiologia.	Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal? ¹⁹	3 – Investigação orientada (apenas a questão de pesquisa é fornecida. Os/as estudantes devem elaborar os procedimentos e construir as explicações ou argumentos.	- O paradigma de explicar os fenômenos pela estrutura microscópica - Fornecer elementos para discussão do modo com que os cientistas trabalham - Dar a oportunidade de distinguir observação de inferência - Observar estrutura microscópica de artrópodes insetos - A descrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas	- Robert Hooke como experiente investigador e cientista, curador da Royal Society e desenvolvedor do microscópio composto - Importância e publicação do Livro <i>Micrographia</i>

¹⁷ Esta versão da SEI foi publicada nos Anais do EnECI 2017 – Encontro de Ensino de Ciências por Investigação. São Paulo: USP, 2017. (ANEXO E)

¹⁸ Banchi e Bell (2008) propõem que os estudantes devam ir gradualmente progredindo em direção a níveis hierárquicos de investigação.

¹⁹ Repliação histórica de investigação do *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses* (Micrografia: Ou algumas descrições fisiológicas de corpos diminutos feitas por lentes de aumento, com observações e investigações feitas sobre eles), de Hooke (1667).

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 4: Representação tridimensional de células	1º Foram fornecidos massa de modelar, miçangas gel e esferas de isopor divididas ao meio. 2º Acesso a livros de Biologia para buscar as representações bidimensionais.	Construir uma representação tridimensional de uma célula.	Não investigativa.	- Célula e suas organelas	- Não presente
Aula 5: <i>Robert Hooke e a Cortiça</i>	1º Entrega de relatório de investigação: Robert e a cortiça. 2º Linha do tempo da Microbiologia. 3º Comunicação à Royal Society.	Por que a cortiça flutua na água? Por que a cortiça é tão leve? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)? ³	3 – Investigação orientada (apenas a questão de pesquisa é fornecida. Os/as estudantes devem elaborar o(s) procedimento(s) e construir as explicações) ou argumentos. ²	- Importância histórica como a primeira publicação a apresentar o termo “célula” - Desmistificar a ideia de que teorias científicas surgem inteiras na mente do estudioso - Apresentar a Ciência como uma construção social, gradativa e sistemática de conhecimentos - Oportunidade de produção de Explicações e/ou Argumentos - Observar padrões morfológicos microscópicos de vegetais - Conceitos de Densidade, Massa, Volume e Flutuabilidade - Informações sobre a cortiça, sua origem, uso e produção	- Primeira menção ao termo célula - Robert Hooke como experiente investigador e cientista

4.1.2 Quadro simplificado da SEI “O Mundo Microscópico” experienciada na FASESP

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 1: <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i>	1° Questionário pré-teste: Flutuabilidade 2° PowerPoint: Como Elaborar um Relato de Pesquisa? 2° Ficha 1: Hooke e a Pulga 3° Itens básicos de um relatório 3° Instruções de uso do Microscópio e suas partes 4° Linha do tempo da Microbiologia 5° Elaborar e entregar um relatório de investigação: Robert Hooke e o Salto da Pulga. 6° Ficha 1.2: Comparando com Hooke	Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?	1/2 - Investigação parcialmente de confirmação e parcialmente estruturada (são fornecidos pelo professor aos/as estudantes as questões e os procedimentos, sendo que os resultados são também conhecidos com antecedência pelo professor. Os(as) estudantes têm que construir uma explicação a partir das evidências que produziram.	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecer elementos para discussão do modo como os cientistas trabalham - Dar a oportunidade de distinguir observação de inferência - Observar estrutura microscópica de artrópodes - A descrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas - Familiarização com o uso do microscópio óptico - Familiarizar-se com a elaboração e os itens básicos de um relatório - Princípio de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica - Gênese de compreensão da natureza da investigação científica - O princípio de explicar os fenômenos pela estrutura microscópica 	<ul style="list-style-type: none"> - Robert Hooke como experiente investigador e cientista, curador da Royal Society e desenvolvedor do microscópio composto - Importância e publicação do Livro <i>Micrographia</i> - Importância da Royal Society
Aula 2: Densidade X Flutuabilidade ²⁰	Ficha única Densidade X Flutuabilidade	Por que a cortiça é tão leve e flutua tão bem? Experimentos sobre Peso, Volume, Densidade e Flutuabilidade:	3 – Investigação orientada: apenas os problemas de pesquisa são fornecidos. Os(as) estudantes devem elaborar os procedimentos para testar a sua pergunta e construir as explicações.	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalhar os conceitos de Peso, Volume, Densidade e Flutuabilidade - Diferenciação dos conceitos de peso e densidade - Oportunizar a elaboração de procedimentos de investigação - Engajamento em práticas epistêmicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer um pouco sobre a figura histórica de Arquimedes

²⁰ Esta aula não foi experienciada, apenas idealizada

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 3: <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i>	1º Ficha 1: Itens básicos de um relatório 2º Instruções de uso do Microscópio 3º Entrega de relatório de investigação - Leeuwenhoek e a qualidade dos tecidos. 4º Linha do tempo da Microbiologia	Classificar os diferentes tecidos fornecidos de acordo com sua qualidade, ou seja, com a quantidade de fios que compõem a trama	2/3 - Investigação parcialmente estruturada e parcialmente orientada. A questão de pesquisa é fornecida e os procedimentos são parcialmente fornecidos pelo professor. Os(as) estudantes têm que construir explicação ou argumento a partir das evidências que produziram.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver a habilidade de selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados, para tomar decisões e enfrentar situações-problema - Domínio de uma série de práticas epistêmicas - Relação do desenvolvimento das tecnologias (microscópios) e a ciência - Oportunizar a construção de inscrições literárias - Criação de modelos explicativos gerais 	- Anton van Leeuwenhoek como o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares e aprimorador do microscópio simples
Aula 4: <i>Robert Hooke e a Cortiça²</i>	1º Entrega de relatório de investigação: Robert e a cortiça. 2º Linha do tempo da Microbiologia 3º Comunicação à Royal Society 4º Questionário pós-teste Flutuabilidade	Porque a cortiça flutua na água? Por que a cortiça é tão leve? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?	3 – Investigação orientada (investigação orientada, apenas a questão de pesquisa é fornecida e os estudantes devem elaborar o(s) procedimento(s)/método(s) para testar a sua pergunta e construir as explicações).	<ul style="list-style-type: none"> - Importância histórica como a primeira publicação a apresentar o termo “célula” - Desmistificar a ideia de que teorias científicas surgem inteiras na mente do estudioso - Apresentar a Ciência como uma construção social, gradativa e sistemática de conhecimentos - Oportunidade de produção de Explicações e/ou Argumentos - Observar padrões morfológicos microscópicos de vegetais - Conceitos de Densidade, Massa, Volume e Flutuabilidade - Informações sobre a cortiça, sua origem, uso e produção 	<ul style="list-style-type: none"> - Primeira menção ao termo célula - Robert Hooke como experiente investigador e cientista

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
<p>Aula 5: Investigando como no <i>Micrographia</i></p>	<p>1º Propor aos(as) estudantes que escolham um objeto do mundo microscópico e elaborem uma questão de investigação acerca de alguma propriedade deste objeto. Esta questão é entregue. 2º O professor faz uma devolutiva das questões após análise de sua exequibilidade. 3º Os(as) estudantes devem investigar e elaborar um relatório e uma comunicação para ser apresentada em sala. 4º As investigações são apresentadas e os(as) estudantes devem arguir. 5º Os(as) estudantes avaliam se as explicações apresentadas em cada comunicação estão suficientes embasadas e podem ser consideradas plausíveis/aceitáveis.</p>	<p>A ser elaborada pelos(as) estudantes.</p>	<p>4 - Investigação aberta (os/as estudantes devem elaborar as próprias questões, projetar e realizar as investigações, e comunicar seus resultados).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a ciência como um processo de investigação, como uma forma de ver o mundo - oportunizar o engajamento em investigações autênticas - Oportunizar a elaboração de questões de investigação autônomas, de procedimentos de investigação, coleta de dados, transformação de dados em evidências, análise de dados e conclusão - A descrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas - Familiarizar-se com a elaboração e os itens básicos de um relatório e de uma comunicação científica - Comunicação científica como prática epistêmica - Oportunizar a construção de Argumentos e Explicações - Entender a importância da avaliação e legitimação pelos pares como parte da construção do conhecimento científico 	<ul style="list-style-type: none"> - Importância e publicação do Livro <i>Micrographia</i> - importância da Royal Society como fomentadora da ciência

4.1.3 Quadro simplificado da SEI “O Mundo Microscópico” experienciada no Colégio Brasília

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 1: <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i>	1° Explicação do professor sobre como Elaborar um Relato de Pesquisa? 2° Ficha1: Hooke e a Pulga 3° Itens básicos de um relatório 4° Instruções de uso do Microscópio e suas partes 5° Linha do tempo da Microbiologia 6° Elaborar relatório de investigação: Robert Hooke e o Salto da Pulga. 7° Ficha: 1.2: Comparando com Hooke	Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?	1/2 - Investigação parcialmente de confirmação e parcialmente estruturada (são fornecidos pelo professor aos/as estudantes a questão e o(s) procedimento(s), sendo que os resultados são também conhecidos, neste caso pelo professor com antecedência. Os/as estudantes têm que construir uma explicação a partir das evidências que produziram.)	- Fornecer elementos para discussão do modo como os cientistas trabalham - Dar a oportunidade de distinguir observação de inferência - Observar estrutura microscópica de artrópodes insetos - Adscrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas - Familiarização com o uso do microscópio óptico - Familiarizar-se com a elaboração e os itens básicos de um relatório - Princípio de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica - Gênese de compreensão da natureza da investigação científica - O princípio de explicar os fenômenos pela estrutura microscópica	- Robert Hooke como experiente investigador e cientista, curador da Royal Society e desenvolvedor do microscópio composto - Importância e publicação do Livro <i>Micrographia</i> - Importância da Royal Society
Aula 2: “O Problema do Submarino” ²¹	1° São fornecidos um modelo de submarino, baldes com água e o problema é exposto oralmente pelo professor	- Descobrir uma forma do submarino (modelo) afundar e levantar, afundar e flutuar dentro de um balde d'água?	2 - Investigação estruturada (a questão de pesquisa e os procedimentos são fornecidos para os/as estudantes pelo professor/mediador)	- Conceitos de densidade e fluabilidade dos corpos - Diferença de densidade entre o ar e água	Não houve

21 Inspirada/copiada de uma das atividades do projeto “Ensino de Ciências para o Ensino Fundamental, o Conhecimento Físico” do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP (LaPEF) (CARVALHO e GONÇALVES, 2000) disponível em <http://www.lapeduc.fe.usp.br/?videos=o-problema-do-submarino> / (acessado em 2018-11-30).

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
Aula 3: <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i>	1° Ficha 1: Itens básicos de um relatório 2° Instruções de uso do Microscópio 3° Entrega de relatório de investigação: Leeuwenhoek e a qualidade dos tecidos. 4° Linha do tempo da Microbiologia	Classificar os diferentes tecidos fornecidos de acordo com sua qualidade, ou seja, com a quantidade de fios que compõem a trama	2/3 - Investigação parcialmente estruturada e parcialmente orientada. A questão de pesquisa é fornecida e os procedimentos são parcialmente fornecidos pelo professor. Os(as) estudantes têm que construir explicação ou argumento a partir das evidências que produziram.	- Desenvolver a habilidade de selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados, para tomar decisões e enfrentar situações-problema - Domínio de uma série de práticas epistêmicas - Relação do desenvolvimento das tecnologias (microscópios) e a ciência - Oportunizar a construção de inscrições literárias - Criação de modelos explicativos gerais	- Anton van Leeuwenhoek como o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares e aprimorador do microscópio simples
Aula 4: <i>Robert Hooke e a Cortiça</i>	1° Entrega de relatório de investigação: Robert e a cortiça. 2° Linha do tempo da Microbiologia 3° Comunicação à Royal Society 4° Questionário pós-teste Flutuabilidade	Porque a cortiça flutua na água? Por que a cortiça é tão leve? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?	3 – Investigação orientada: apenas a questão de pesquisa é fornecida e os(as) estudantes devem elaborar os procedimentos/métodos para testar a sua pergunta e construir as explicações.	- Importância histórica como a primeira publicação a apresentar o termo “célula” - Desmistificar a ideia de que teorias científicas surgem inteiras na mente do estudioso - Apresentar a Ciência como uma construção social, gradativa e sistemática de conhecimentos - Oportunidade de produção de Explicações e/ou Argumentos - Observar padrões morfológicos microscópicos de vegetais - Conceitos de Densidade, Massa, Volume e Flutuabilidade - Informações sobre a cortiça, sua origem, uso e produção	- Primeira menção ao termo célula - Robert Hooke como experiente investigador e cientista - Livro Micrographia como importante publicação

Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Conceitos e Objetivos	Contextualização Histórica
<p>Aula 5: Investigando como no <i>Micrografia</i></p>	<p>1° Propor aos estudantes que escolham um objeto do mundo microscópico e elaborem uma questão de investigação acerca de alguma propriedade deste objeto. Esta questão é entregue. 2° O professor faz uma devolutiva das questões após análise de sua exequibilidade. 3° Os estudantes devem investigar e elaborar um relatório e uma comunicação para ser apresentada em sala. 4° As investigações são apresentadas e os estudantes devem arguir. 5° Os estudantes avaliam se as explicações apresentadas em cada comunicação estão suficientes embasadas e podem ser consideradas plausíveis/aceitáveis.</p>	<p>A ser elaborada pelos(as) estudantes.</p>	<p>4 - Investigação aberta (os/as estudantes devem elaborar as próprias questões, projetar e realizar as investigações, e comunicar seus resultados).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a ciência como um processo de investigação, como uma forma de ver o mundo - Oportunizar o engajamento em investigações autênticas - Oportunizar a elaboração de questões de investigação autônomas, de procedimentos de investigação, coleta de dados, transformação de dados em evidências, análise de dados e conclusão - A descrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas - Familiarizar-se com a elaboração e os itens básicos de um relatório e de uma comunicação científica - Comunicação científica como prática epistêmica - Oportunizar a construção de Argumentos e Explicações - Entender a importância da avaliação e legitimação pelos pares como parte da construção do conhecimento científico 	<p>Não há</p>

4.2 A construção da SEI

Nesse subtópico será apresentado como se realizaram, na sua construção, a articulação dos referenciais teóricos relacionados à Alfabetização Científica (AC), ao Sócio-construtivismo, às Práticas Epistêmicas (PE), ao Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), à História da Ciência, aos Argumentos, Explicações e alguns Conceitos Científicos. Também serão tratadas as motivações e *insights* para a construção da SEI.

A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) proposta neste trabalho teve como objetivo principal apresentar o mundo microscópico e desenvolver nos(as) estudantes a habilidade de conduzir investigações na escala microscópica da Ciência. Isso envolveu apresentar e trabalhar técnicas e instrumentos da construção do conhecimento científico de escala microscópica. Os aspectos epistêmicos da construção do conhecimento científico também pautaram a elaboração da SEI. Esses princípios permitiriam aos(as) estudantes adentrar o mundo microscópico e incorporar elementos dessa escala nas Explicações/Modelos Explicativos dos fenômenos. Para a SEI “*O Mundo Microscópico*” a história da ciência e os conceitos científicos trabalhados são pano de fundo para o ensino e aprendizagem de habilidades investigativas e aspectos epistêmicos da construção do conhecimento científico.

Uma das principais preocupações que pautaram a construção da SEI se refere ao encadeamento das atividades investigativas, feito de modo que os níveis de investigação fossem se sucedendo, com transferência gradativa do protagonismo das ações investigativas do(a) professor(a)/mediador(a) para os(as) estudantes. Essa preocupação se justifica quando autores como Campos e Nigro (2009) e Guisasola et al. (2009) defendem a ideia de que é favorável uma progressão das atividades. Os próprios autores tomados como referência para classificar os níveis de investigação (BANCHI e BELL, 2008) afirmam que os últimos níveis requerem experiência nos primeiros níveis de investigação, isso incluindo ser capazes de registrar e analisar dados, bem como tirar conclusões a partir das evidências que recolheram. Essa ascensão nos níveis de investigação também respeita o paradigma sócio-construtivista desta tese, na medida em que os desafios de cada etapa estariam ao alcance dos aprendentes, ou seja, dentro do que Vygotsky (1978) chama de zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Banchi e Bell (2008) afirmam que não se deve esperar que estudantes sozinhos(as) e na primeira vez

sejam capazes de projetar e realizar suas próprias investigações, daí a importância do trabalho em grupo e do apoio do(a) professor(a). Essa ideia também se alinha com os pressupostos sócio-construtivistas na medida em que a ascensão nos níveis de investigação se dá em atividades projetadas para serem desenvolvidas em grupo e com a mediação de um(a) mentor(a) mais experiente (o/a professor/a).

A opção por fazer uma SEI com encadeamento de suas atividades constituintes até o nível quatro de investigação da escala de Banchi e Bell (2012) “*Investigação aberta: Os(as) estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles(as) mesmos(as) através de procedimentos também autorais*” também se relaciona ao engajamento nas Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Esse é um aspecto que merece destaque já que em nossa experiência em escolas e salas de aula, e de acordo com Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010), é incomum atividades investigativas com esse grau de liberdade. É raro os(as) professores(as) transferirem a autonomia para os(as) estudantes decidirem as próprias questões de pesquisa. Os autores afirmam ainda que o nível de investigação mais alto da classificação não é inerentemente melhor que os níveis de investigação inferiores. O que pode ser reconhecido é que para propiciar o engajamento em certas PECEs são necessárias investigações de nível quatro na escala de Banchi e Bell (2012). Isso já que práticas como “*Propor/formular questões científicas*” (KELLY e LICONA, 2018), “*Elaborar questões científicas*” (GEROLIN, 2017), “*Os alunos produzem suas próprias perguntas de pesquisa/investigação*” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010), “*Elaboração de perguntas e definição de problemas*” (NRC, 2012), requerem o nível quatro de investigação da escala de Banchi e Bell (2012). Por fim, como desenvolvido no parágrafo anterior, não se pode esperar que os(as) estudantes sejam capazes de sozinhos(as), e na primeira vez, projetar e realizar suas próprias investigações, daí a opção por construir uma SEI em que as atividades investigativas vão galgando os níveis de investigação.

As atividades que compõem a SEI foram estruturadas seguindo preceitos do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), já que este é apontado como uma metodologia propícia para promover a Alfabetização Científica (AC), particularmente no que tange aos aspectos de Natureza da Ciência (NdC) e para o engajamento dos(as) estudantes em PECEs. Dessa forma, para valorizar a epistemologia e sociologia do conhecimento científico, a SEI foi composta com atividades investigativas com graus crescentes de investigação, incluindo algumas que replicam experimentos históricos. O uso de história

da ciência também é valorizado na área e por isso também serviu de base para a construção da SEI. A intenção ao trabalhar em grupo com microscópios nas investigações foi de desenvolver a noção de que o conhecimento científico é construído socialmente e a partir da observação de dados/evidências. O conhecimento “não cairia de paraquedas”, sendo magicamente construído. O propósito de trazer investigações nas quais os(as) estudantes precisavam se engajar foi valorizar a tomada de dados e interpretação de evidências, em que também a compreensão de que o que conta/vale como evidência são negociadas. A literatura da área traz que o processo de interpretação das evidências pode vir a ser pautado e negociado pela argumentação, e assim culminaria na proposição e legitimação de modelos explicativos. A SEI foi pensada para que os(as) estudantes precisassem tomar dados por observações ao microscópio, negociar a transformação desses em evidências por argumentação e formar modelos explicativos para fenômenos a partir dessas evidências.

Entre os conceitos científicos que serviram de pano de fundo para a SEI pode ser destacado o de “Célula”. A abordagem a esse conceito se inicia com a replicação do experimento histórico de Robert Hooke, publicado no livro *Micrographia* em 1665, em que aparece a primeira menção ao termo “Célula”²² – palavra que se consagraria para representar a unidade formadora dos seres vivos. Outro conceito trabalhado que merece destaque é a “Teoria Celular”, que postula que todos os seres vivos são formados por células e apresenta, segundo Tavares e Prestes (2012), a síntese teórica mais próxima do que entendemos hoje por célula. Esta teoria é creditada a Matthias Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882), tendo sido proposta em 1838. A “Teoria Celular” é apresentada no material instrucional da quarta aula da SEI (APÊNDICES E e H).

²² Tavares e Prestes (2012) trazem que o relato da observação da cortiça realizada por Robert Hooke é tema recorrente nos livros didáticos, porém que comumente ocorrem equívocos factuais, distorções historiográficas e omissões que ocasionam descontextualização do episódio. Tentamos com a replicação do experimento histórico não incorrer aos mesmos erros. As autoras apresentam que o principal equívoco historiográfico é se atribuir a Hooke o “descobridor da célula”. Em momento algum do material instrucional da SEI “*O Mundo Microscópico*” Hooke é tratado como o “descobridor da célula” e os ministradores da SEI foram instruídos a tomar cuidado para evitar se referir a Hooke desta maneira. Outro equívoco que as autoras afirmam ocorrer comumente é que, ao contrário do que aparece em alguns livros didáticos, Hooke não estava buscando uma unidade constituinte para os seres vivos e jamais estabeleceu a relação entre as suas observações e uma constituição celular universal das plantas ou dos seres vivos em geral. Para isso seriam necessários mais 170 anos, muitos personagens e investigações. Hooke estava investigando as propriedades da baixa densidade, elasticidade e fluabilidade da cortiça, o que constituiu exatamente as questões de investigação da quarta aula da SEI.

De acordo com Nascimento-Júnior e Souza (2016) a teoria celular tem uma origem experimental e constitui uma das teorias estruturantes e unificadoras da Biologia. Isso porque essa teoria determinou o substrato material do mundo orgânico, possibilitando uma explicação única para o desenvolvimento dos organismos, já que as células são as unidades formadoras dos tecidos animais, vegetais e etc.

Nas palavras de Nascimento-Júnior e Souza (2016):

Esta teoria implantou um novo paradigma, que ainda hoje direciona passos da investigação biológica, modificando as ideias sobre a estrutura dos seres vivos e iniciando a unificação teórica da zoologia e da botânica. O cenário histórico prévio à formação da teoria celular se inicia no século XVII com as observações de Hooke e nos séculos posteriores com a reunião de um grande número de informações e observações (...) -.

Quando nos referirmos à SEI em sua versão piloto, experienciada na EAFEUSP, explicitaremos que se trata da versão piloto, caso contrário trata-se da versão final (experienciada tanto na FASESP como no Colégio Brasília).

Versão piloto da SEI “*O Mundo Microscópico*”

Na versão piloto da SEI “*O Mundo Microscópico*” havia três tópicos de investigação: o primeiro (1º) foi intitulado “*Leeuwenhoeck e os tecidos*” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os(as) estudantes com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução sobre como desenvolver uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação. Fez parte dessa aula a apresentação das partes canônicas que compõem um relatório de investigação. Para este tópico os(as) estudantes recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios. Como resultado da análise não sistemática da versão piloto esse tópico de investigação deixou de ser o primeiro e passou a ser o terceiro na versão final experienciada na FASESP e Colégio Brasília -- devido à percepção de que essa atividade tinha grande potencial para fazer os(as) estudantes pensarem a metodologia de coleta e registro de dados, o que faz dela interessante para ter um nível de investigação três: “*Investigação orientada: os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada*”

pelo(a) professor(a) usando os procedimentos por eles(as) projetados” (tradução nossa de BANCHI e BELL, 2008).

O segundo (2º) tópico de investigação, intitulado “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*”, constituiu uma replicação de experimento histórico de Robert Hooke (1635 – 1703), publicado em seu célebre livro “*Micrographia*” (1665), e serviu também para familiarizar e encantar os(as) estudantes sobre o uso do microscópio como ferramenta de investigação, observação e produção de dados. Os(as) estudantes eram desafiados(as) a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o que permite a esses insetos saltarem tão alto. Para tal investigação os(as) estudantes receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Esse tópico tem grande potencial para a inserção dos(as) estudantes nas práticas de investigação, na cultura formada da hibridização entre as culturas científicas e escolares. A análise dos desenhos e descrições produzidos pelos(as) estudantes foi apresentada no “X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS” que ocorreu na cidade de Sevilha (Espanha) de 5 a 8 de setembro de 2017. Os trabalhos apresentados nesse congresso foram também publicados no periódico “*Enseñanza de las ciencias*, Núm. Extra (2017), p. 3623-3628, ISSN 2174-6486”. A publicação pode ser vista na íntegra nos anexos (ANEXO G). Na versão final da SEI (experenciada na FASESP e Colégio Brasília) esse tópico foi transformado de forma a ter um nível de investigação entre um (“*Confirmação da investigação: Os(as) estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência*”) e dois (“*Investigação estruturada: Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo/a professor/a através de um procedimento prescrito*”) (tradução nossa de BANCHI e BELL, 2008).

No terceiro (3º) tópico da versão piloto, intitulado “*Robert Hooke e a Cortiça*”, os(as) estudantes investigam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais esse material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver essa investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça e de um dos vegetais à sua escolha. A percepção, da análise não sistemática da versão piloto, foi que os(as) estudantes tinham dificuldade com o conceito de densidade requerido para essa investigação. A forma

pensada para resolver isso foi acrescentar no plano da versão final uma aula para trabalhar densidade antes de se investigar a leveza e fluabilidade da cortiça.

Aula/atividade 1 - *Robert Hooke e o Salto da Pulga*

Para respeitar a lógica do encadeamento dos níveis de investigação a primeira aula da SEI, agora em sua versão final, foi construída de forma a apresentar nível de investigação, segundo classificação de Banchi e Bell (2008), entre um “*Confirmação da investigação: Os(as) estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência*” e dois “*Investigação estruturada: Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) através de um procedimento prescrito.*”. A intenção era que essa atividade fosse um primeiro contato com a cultura científica e suas Práticas Epistêmicas (PE). Nessa atividade a pergunta foi fornecida pelo professor. Os(as) estudantes foram ensinados(as) sobre como operar um microscópio e instruídos(as) a desenhar e descrever os animais disponibilizados pelo professor ao microscópio, isso como procedimento para comparar e registrar aspectos da anatomia dos insetos que possibilitem responder à questão de investigação (pulga, Ordem *Siphonaptera* e formiga lava-pés, *Solenopsis saevissima*). As partes canônicas que compõem um relatório de investigação são apresentadas pelo professor. Essa atividade apresentou nível de investigação entre um e dois, já que a questão foi fornecida pelo professor, os procedimentos também e os resultados não eram conhecidos pelos(as) estudantes *a priori*. Os resultados esperados, obtidos do trabalho original de Hooke, eram fornecidos aos(as) estudantes após esses escreverem os próprios relatórios, como parte de uma segunda atividade da aula um “*Atividade 1.2: Comparando com Hooke*”- (APÊNDICES B e F). Ao longo da SEI os(as) estudantes deviam preencher uma linha do tempo com os eventos que julgassem importantes, retirados dos textos que compunham o pano de fundo histórico encontrados nas fichas das atividades.

A linha do tempo que transpassa todas as aulas foi colocada na SEI com a intenção de auxiliar o entendimento de como o conhecimento científico é construído. Ao preencher a linha do tempo ao longo da SEI os(as) estudantes poderiam perceber que a microbiologia não se desenvolveu de uma hora para outra, como num rompante de mágica por ações de um(a) personagem genial único(a). A ideia aqui foi trazer elementos para que os(as) estudantes pudessem perceber que o conhecimento científico é socialmente

construído, e que isso se dá ao longo do tempo e muitas vezes depende de avanços tecnológicos -- no caso, a invenção do microscópio composto pelos fabricantes de óculos holandeses Hans e Zacharias Janssen em 1590 (KARAMANOU et al, 2010; LEDERMAN, 2012).

A SEI toda foi pensada para propiciar condições de engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), mas não havia garantia de que isso iria ocorrer, já que, como dito por Sasseron e Duschl (2016), só ocorrerá engajamento quando houver um espaço de interações discursivas nas quais os(as) estudantes façam parte de investigações em que as PE Gerais (proposição, comunicação, avaliação e legitimação) sejam alcançadas para a/ na construção de entendimento sobre conhecimentos científicos. O engajamento depende tanto desse espaço de interações discursivas e de materiais e comandas apropriados como das articulações feitas pelos(as) professores(as). As preocupações que permearam a construção da SEI foram de propiciar situações em que pudesse haver engajamento.

Na elaboração da SEI as preocupações com as PECEs se justificam na medida em que o engajamento em PECEs seria, de acordo com a literatura da área, promotor da Alfabetização Científica (AC). Sasseron e Duschl (2016) reforçam a proposição de que o ensino de ciências nos dias atuais deva ser orientado ao trabalho com Práticas Epistêmicas, sem, no entanto, deixar de lado os conceitos, leis e teorias científicas.

Aula/atividade 2 - Densidade X Flutuabilidade

Durante a experenciação da versão piloto da SEI foram observadas fragilidades em relação ao conceito do que é densidade e o que influencia a flutuabilidade dos objetos em água. Estes conceitos são complexos e frequentemente mal compreendidos²³.

²³ A compreensão das dificuldades em relação ao conceito de densidade veio da leitura de trabalhos como os de Smith et al. (1992), que afirmam ser a densidade um conceito extremamente difícil de ensinar e sobre os quais as concepções espontâneas podem se perpetuar até mesmo na idade adulta. Os autores afirmam ainda que a maioria dos(as) estudantes não consegue diferenciar consistentemente peso de densidade. E, finalmente, que os(as) estudantes falham em compreender esses conceitos e as relações entre essas variáveis quando são ensinadas da forma tradicional. Em vez disso, ou distorcem as lições para que se encaixem em suas próprias estruturas intuitivas, ou tentam aprender os procedimentos e fórmulas dos cientistas como um sistema separado de pouco significado, a ser aplicado apenas em contextos de sala de aula estereotipados e não para explicar fenômenos cotidianos. Ambos os resultados não podem ser entendidos como consoantes com a Alfabetização Científica (AC).

Smith et al. (1992) encontraram dois diferentes motivos, não excludentes, para a dificuldade de compreensão desse conceito. Entender densidade seria difícil porque requer uma compreensão de uma relação de proporção. Por outro lado, alguns pensam que o conceito de densidade é difícil

Acontecia então que os Argumentos (considerando o padrão de Argumento de Toulmin, 2016) desenvolvidos nas experiências-piloto careciam dos Apoios (B) que dão subsídios teóricos às Garantias (G).

Por causa disso, nas novas versões da SEI as atividades da Aula 2 foram pensadas para trabalhar densidade e fluutuabilidade – com a intenção de fornecer subsídios conceituais para a investigação da cortiça em relação à sua fluutuabilidade e leveza (replicação do experimento histórico de Robert Hooke e a Cortiça). Na quarta aula, biologia e física foram tratadas de forma interdisciplinar, e a estrutura que forma a cortiça foi investigada microscopicamente. Essa abordagem contribuiu para a Alfabetização Científica no eixo da compreensão básica de conceitos científicos.

As segundas aulas da SEI elaboradas para a FASESP e para o Colégio Brasília divergiram devido à faixa etária e etapa da educação dos(as) estudantes de cada instituição, respectivamente primeiro ano da graduação e sétimo ano do ensino fundamental.

A segunda aula da SEI (Aula 2: Densidade X Fluutuabilidade) proposta para a FASESP foi elaborada como uma atividade de nível investigativo maior (2/3 segundo BANCHI e BELL, 2008) que a primeira aula (Aula 1: *Robert Hooke e o Salto da Pulga*). Nessa segunda aula o(a) professor(a) fornece a questão de investigação e os(as) estudantes devem elaborar os procedimentos, coletar dados empíricos e transformá-los em evidências para chegar às conclusões e, no caso, construir um modelo explicativo sobre fluutuabilidade e densidade. Isso significa que, além de ensinar o conceito de densidade e fluutuabilidade, esta aula foi pensada para permitir momentos de engajamento em PECEs. Por exemplo: “*planejar e performar ações no laboratório*” (SILVA, 2008), “*planejar investigações científicas para responder a perguntas*” e “*construir e refinar modelos*” (KELLY e LICONA, 2018).

porque as crianças têm uma estrutura alternativa para o assunto, que utiliza um conceito indiferenciado de peso-densidade. Ainda de acordo com os autores, se a última hipótese estiver correta, as crianças têm dificuldade não apenas com a compreensão da matemática da densidade, mas também com a compreensão da densidade em um nível conceitual mais qualitativo. Com isso o desenvolvimento do conceito de densidade exigiria uma reestruturação da estrutura de pensamento dos(as) estudantes sobre o tema. A diferenciação de peso e densidade poderia, por sua vez, fortalecer a competência dos(as) estudantes com o raciocínio proporcional. As crianças não parecem distinguir entre peso e densidade, mas unem componentes de ambos os conceitos em um conceito indiferenciado de densidade e peso (SMITH et al., 1992).

A segunda aula da SEI “Aula 2: *O Problema do Submarino*” em sua versão para o Colégio Brasília foi inspirada em uma das atividades do projeto “*Ensino de Ciências para o Ensino Fundamental, o Conhecimento Físico*” do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP (LaPEF) (CARVALHO e GONÇALVES, 2000). A atividade investigativa dessa aula apresenta nível de investigação dois “*Investigação estruturada: Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor(a) através de um procedimento prescrito*”, segundo a escala de Banchi e Bell (2008).

Aula/atividade 3 - *Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*

A terceira aula da SEI (Aula 3: *Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*) foi pensada para fornecer novas oportunidades de engajamento nas PE, particularmente, de construção de “*inscrições literárias*” (SILVA, GEROLIN e TRIVELATO, 2017) e “*transformar dados de uma representação para outra*” (PISA, 2015). O pano de fundo histórico dessa aula é a vida de Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723), considerado o “pai da microbiologia” (KARAMANOU et al., 2010)²⁴. Leeuwenhoek foi escolhido por sua relevância histórica para a ciência, em especial a microbiologia. Esse reconhecimento se expressa não só em trabalhos acadêmicos, como os de Lederman (2012) ou Martins (2009), mas também por sua recorrente presença nos livros didáticos de biologia: das nove obras aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2015) foram consultadas três²⁵ e todas elas mencionavam Leeuwenhoek. De acordo com Tavares e Prestes (2012), Robert Hooke e sua investigação sobre a cortiça estavam presentes em oito dos nove livros aprovados pelo PNLEM/2009 que as autoras inspecionaram. Gest (2004) credita a descoberta da existência de organismos microscópicos a Robert Hooke e Antoni van Leeuwenhoek. Hooke teria apresentado em

²⁴ A intenção de trazer a enunciação de Karamanou et al (2012) foi de valorizar a figura histórica de Leeuwenhoek, assim as aspas colocadas significam que a expressão não deve ser tomada ao pé da letra, mas em sentido figurado, já que se deve tomar cuidado com a monumentalização e idealização da história da ciência (TAVARES e PRESTES, 2012). Acreditamos que outorgar o título de “pai da microbiologia” recairia neste equívoco se fosse tomado de forma literal.

²⁵ AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em contextos** – Ensino Médio. 1.ed., v. 3, São Paulo: Moderna, 2013. 320 p

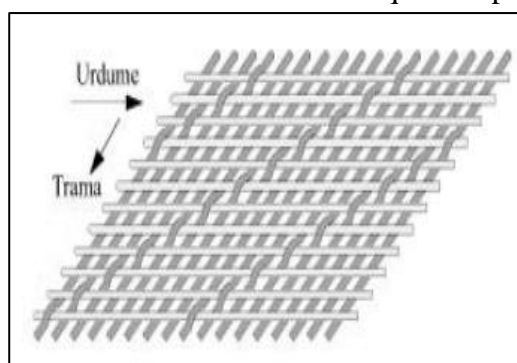
BRÖCKELMANN, R. H. **Conexões com a Biologia** – Ensino Médio. 1. ed., v. 2, São Paulo: Moderna, 2013. 312 p.

TAKEUCHI, M. R.; OSORIO, T. C. **Ser protagonista** – Biologia – Ensino Médio. 1. ed., v. 2, Rio de Janeiro: Edições SM, 2013. 320 p.

1665, no seu livro *Micrographia*, a primeira representação de um micro-organismo, um micro-fungo. Mais tarde Leeuwenhoek teria observado e descrito protozoários e bactérias (GEST, 2004).

Leeuwenhoek trabalhou como comerciante de tecidos e, possivelmente, teria usado o microscópio pela primeira vez para contar a quantidade de fios na trama dos tecidos que comercializava (GEST, 2004) – o que servia para verificar a qualidade dos mesmos. A modalidade de replicação de experimento histórico adotada nesta terceira aula foi a de “replicação física” (não exige reproduzir os fenômenos investigados com total fidelidade histórica) (CHANG, 2011). Essa aula foi classificada, segundo as concepções de Banchi e Bell (2008), como tendo nível de investigação entre dois (2) e três (3). Nela o professor, além de explicitar a questão de investigação, também indicava como proceder metodologicamente, explicitando que a quantidade de fios que compunha cada tecido fornecido devia ser medida e registrada para ser usada como evidência de sua qualidade, contando os fios da trama e do urdume (FIGURA 14), considerando uma área padronizada. Os procedimentos para contar os fios e registrar os resultados da quantidade presente em cada um dos tecidos não eram fornecidos pelo professor. Alguns tecidos podiam ter seus fios contados a olho nu (juta²⁶), enquanto outros exigiam lupas ou microscópios. Para alguns tecidos a contagem de todos os fios fazia sentido, para outros fazer amostragem era muito melhor estratégia. A transformação dos dados em evidências e a maneira de registrá-los deviam ser projetadas pelos(as) próprios(as) estudantes.

Figura 13 - Ilustração dos fios da trama e urdume que compõem um tecido



Fonte: Silva et al. (2009)

²⁶ A **juta** (*Corchorus capsularis*) é uma fibra têxtil vegetal que provém da família *Tilioidae*. Seus fios são facilmente observáveis a olho nu. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Juta> (acesso em 20/01/2019)

Aula/atividade 4 - *Robert Hooke e a Cortiça*

A quarta aula (4) continua com a proposta de seguir avançando nos níveis de investigação, sendo classificada como uma investigação de nível três no esquema de Banchi e Bell (2008) “*Investigação orientada: os(as) alunos(as) investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) usando os procedimentos por eles(as) projetados*”, no qual apenas as questões de investigação são propostas pelo professor, cabendo aos(as) estudantes pensar como proceder a investigação. A única intromissão do professor nos procedimentos de investigação foi durante o uso do micrótomo amador para os sétimos anos do Ensino Fundamental II, já que o aparato usa uma lâmina de barbear (mais conhecida pela metonímia como lâmina de gilette) e havia o risco de os(as) estudantes se ferirem. A forma de fazer as observações, coletar os dados, transformar dados em evidências, fazer os registros, articular dados e evidências com raciocínio conceitual e teorias foram todas prerrogativas dos(as) estudantes. A atividade também foi inspirada no livro “*Micrographia*”. Na atividade os(as) estudantes deviam responder às mesmas questões históricas formuladas por Hooke: (1º) *Por que a cortiça é leve?* (2º) *Por que a cortiça flutua na água?* e (3º) *Por que a cortiça é elástica?* Para auxiliar na comparação, além de fatias de cortiça (*Quercus suber*), foram disponibilizadas fatias de cenoura (*Daucus carot*), ambas feitas no micrótomo e de espessura na casa dos microns. A ficha de atividade (Ficha Atividade 4: Hooke e a Cortiça – APÊNDICE E e H) contém também informações sobre a cortiça, sua origem, uso e produção, podendo servir como referência para a introdução dos relatórios de investigação.

Aula 5 – Investigando como no *Micrographia*

Por fim, a quinta aula (Aula 5) apresenta nível de investigação 4, segundo Banchi e Bell (2008), sendo então uma “investigação aberta”²⁷, em que os(as) estudantes devem elaborar as próprias questões, projetar e realizar as investigações, e comunicar seus resultados. A ideia aqui foi oportunizar o engajamento em PECEs, que tem mais chance de ocorrer quando a investigação tem maior nível de liberdade. Por exemplo: “*propor/formular questões científicas*” (KELLY; LICONA, 2018), “*diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente*” (PISA, 2015) ou “*elaborando questões*” (CRUJEIRAS-PEREZ e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017). Vale salientar que dar

²⁷ “*Investigação aberta: os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais*” (BANCHI e BELL, 2008) (tradução nossa)

autonomia para que os(as) estudantes desenvolvam as próprias investigações, inclusive formulando as próprias questões, não elimina ou diminui a importância do papel do(a) professor(a)/mediador(a). Acerca desse ponto, Cardoso e Scarpa (2008) afirmam que “(...) mesmo em investigações abertas, em que a autonomia do aluno é maior, os alunos não realizam os processos investigativos sozinhos. As ações dos(as) professores(as) em aulas investigativas são fundamentais para apoiar o desenvolvimento da investigação pelos(as) alunos(as)” .

A SEI “*O Mundo Microscópico*”, em sua versão piloto, pedia que diferentes grupos de estudantes apresentassem uma comunicação sobre a mesma investigação. Na versão final, experienciada na FASESP e no Colégio Brasília, isso foi modificado – agora cada grupo de estudantes devia formular diferentes questões de investigação, projetar os procedimentos para conduzir as investigações e fazer uma comunicação da empreitada para os outros grupos da sala. A atividade tinha apenas uma restrição: os(as) estudantes deviam usar o microscópio em sua investigação. Os(as) estudantes ainda recebiam ajuda do professor na seleção e elaboração das questões de investigação, assim como na formulação dos procedimentos, mas a prerrogativa era dos(as) estudantes: professores/mediadores não podiam usurpar a autonomia do processo, apenas auxiliar.

A centelha para a inclusão e elaboração dessa quinta aula da SEI, que não estava na versão piloto, aconteceu em comunicação pessoal por Richard Duschl na disciplina EDM5175-1 “*Perspectivas do Ensino de Ciências*”. De acordo com ele, na ciência “real”, diferentemente do que ocorre na escola, os(as) cientistas não ficam repetindo os mesmos experimentos e apresentando metodologias e resultados parecidos uns para os outros. Na escola, quando os(as) estudantes são chamados a apresentar suas investigações uns(mas) para os(as) outros(as) as questões de investigação são as mesmas, já que os(as) professores(as) que as propuseram, as metodologias e os resultados comumente também são repetidos e muito provavelmente a conclusão também será a mesma. A falta de atenção ou desinteresse dos(as) estudantes pelas apresentações/comunicações dos(as) colegas derivaria provavelmente disso. Ouvir seus(uas) colegas falarem de experimentos iguais aos que você acabou de fazer é, de acordo com Richard Duschl, “*boring*” (chato, enfadonho).

A “*Comunicação da construção do conhecimento*” é considerada uma das PE gerais (KELLY e LICONA, 2018; ARAÚJO, 2008; GEROLIN, 2017; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008; SÍLVA, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-

LÓPEZ, 2010). Acreditamos que, além de ser enfadonho e repetitivo, há outros problemas nas comunicações de investigações feitas em sala de aula. Um deles é a comunicação acabar sendo pautada apenas pela cultura escolar, em vez de mesclar-se com a cultura científica. E como na cultura escolar os(as) professores são as autoridades epistêmicas primordiais da sala de aula, uma apresentação que esteja pautada apenas na cultura escolar será totalmente direcionada a eles(as). Isso fica evidente quando todos os olhares daqueles que apresentam se direcionam aos(as) professores(as): não há preocupação com os(as) outros(as) estudantes como audiência, não se constituindo dessa forma uma comunidade de prática. Os(as) estudantes que estão fazendo a comunicação não têm a pressão/responsabilidade de apresentar de forma clara e acessível as questões e os procedimentos usados, nem existe real necessidade de comunicar claramente as etapas, já que elas são conhecidas e compartilhadas por todos(as). Tampouco os(as) estudantes que estão apresentando almejam convencer seus(uas) colegas de que suas conclusões são válidas: a intenção é cumprir uma tarefa escolar, é agradar ao(a) professor(a). A comunicação é protocolar e não fruto da hibridização das culturas científicas e escolares. As Práticas Epistêmicas (PE) da ciência que se almeja hibridizar com a cultura escolar se perdem, sobrando “apenas” as práticas da cultura escolar. Talvez seja forte dizer, mas a comunicação vira um teatro.

Berland e Reiser (2009) entendem que há dois principais motivos pelos quais os(as) estudantes articulam mal os elementos constituintes de suas comunicações de investigações em sala de aula. O primeiro motivo é que não almejam verdadeiramente explicar o fenômeno, só querem dar a resposta certa; os(as) estudantes reconhecem que a audiência real são os(as) professores(as) e não os(as) outros(as) colegas. O segundo motivo é porque sabem que os(as) colegas conhecem os dados e provavelmente chegaram às mesmas conclusões. A comunicação da investigação não é real, é encenada, e de acordo com os autores isso compromete a qualidade tanto das Explicações quanto dos Argumentos, Modelos e outras Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).

A intenção de incorporar na SEI proposta uma investigação aberta, de nível quatro de acordo com a classificação de Banchi e Bell (2008), foi de propiciar o engajamento em PECEs que acreditávamos depender desse nível de autonomia. Essa convicção não se referia apenas a PECEs relacionadas à proposição de conhecimento científico, mas também a PECEs relativas à comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento. O cenário das comunicações muda quando as questões de investigação, procedimentos,

análise e conclusões são diferentes entre os(as) estudantes e em alguma medida desconhecidas dos(as) professores(as). Os estudantes, quando produzindo e apresentando a comunicação de suas investigações, devem fazer isso com clareza para toda a audiência -- tanto professores(as) quanto colegas. Os(as) estudantes necessitam realmente convencer a audiência de que seus procedimentos e suas análises foram satisfatórios, que seus dados foram corretamente coletados e transformados em evidências que justifiquem suas conclusões, já que elas são novas, e não resultados a que os(as) professores(as) queriam que os(as) estudantes chegassem.

A avaliação por pares é um aspecto epistêmico importante da cultura científica, mas na cultura escolar a avaliação e a legitimação são aspectos de prerrogativa do(a) professor(a). Logo, se existe a intenção de promover uma hibridização dessas culturas é importante oferecer cenários em que os(as) estudantes se engajem na avaliação e legitimação do conhecimento produzido. Esse foi outro motivo para incorporar uma investigação aberta. A ideia é que a comunicação de uma investigação aberta favoreceria o engajamento em PECEs de avaliação de diversas das etapas do ciclo investigativo. Isso já que, como a investigação não foi proposta pelo(a) professor(a), os(as) estudantes na audiência se sentiriam confortáveis para avaliar as investigações dos seus pares. Depois de feitas e avaliadas, as comunicações poderiam ser legitimadas na comunidade de prática daquela sala de aula.

Uma das atividades que compõe a SEI foi baseada e inspirada em trabalhos de que o autor desta tese foi coautor^{28, 29 e 30}. A ideia foi articular e realizar aspectos da História

²⁸ ARAUJO, Renata A. M. ; ARAUJO, João Paulo F. T. ; GONCALVES, Davi M. ; PRADO, Mariana A. B. ; ZUMPARNO, Ornella G. ; FREITAS, Cláudia B. ; DEL CORSO, Thiago M.; PRESTES, Maria Elice B. . A utilização da História a Ciência no ensino: observações de Robert Hooke como recurso motivacional ao estudo a célula. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, 2013, Florianópolis. **Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013**. Rio de Janeiro: Booklink, 2013. v. 1. p. 199-202.

²⁹ AZEVEDO, Carolina P. G. ; SILVA, Caio G. C. ; SILVA, Cristina S. ; MAIA, Giovanna V. ; MELLO, João C. ; BOZZO, Marcel V. ; DEL CORSO, Thiago M. ; PRESTES, Maria Elice B. . Replicação de experimentos históricos de Robert Hooke (1635-1703) visando o ensino aprendizagem da Teoria celular: um estágio como pesquisa em escola pública de ensino fundamental em São Paulo-SP. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, 2013, Florianópolis. **Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013**. Rio de Janeiro: Booklink, 2013. v. 1. p. 44-49.

³⁰ Este último trabalho constitui um relato analítico-crítico de experiência vivida na escola municipal, EMEF Pres. Campos Salles: BOZZO, Marcel Valentino; DEL CORSO, Thiago Marinho; PRESTES, Maria Elice Brzezinski. História da Ciência na formação docente: estudo de caso junto a supervisor e educador do PIBID, subprojeto IBUSP. **A cooperação universidade-escola para a formação inicial de professores: o PIBID na Universidade de São Paulo (2011-2014)**, 2015.

da Ciência (HC) nas atividades investigativas, de modo a apresentar técnicas e instrumentos da construção do conhecimento científico em escala microscópica. Essa ideia nasceu de conversas do autor desta tese e sua orientadora e teve uma referência teórica fundamental: o trabalho de Roberto Martins (2009) intitulado “*Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas*”.

Nesse trabalho Martins (2009) traz que:

O ensino da Biologia, como de outras Ciências, dedica-se principalmente à transmissão dos conhecimentos atualmente aceitos, dando pouca ênfase aos próprios procedimentos de construção da ciência. Introduzir na prática educativa a reflexão sobre os instrumentos e técnicas utilizados na pesquisa biológica é um dos modos de se introduzir uma visão mais adequada sobre a natureza do conhecimento científico.

e

Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos (...) pode ser uma boa estratégia para direcionar adequadamente a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. Podem ser escolhidos exemplos simples, mas, ao mesmo tempo, instrutivos e significativos, capazes de motivar os estudantes e simultaneamente fazê-los perceber alguns dos princípios associados ao uso de instrumentos e técnicas na pesquisa biológica.

Uma das possibilidades apontadas por Martins (2009) para se trabalhar os procedimentos de construção da ciência é exatamente trazer a microscopia, com seus instrumentos, curiosidades e técnicas, para a sala de aula. Nas palavras do próprio autor, “*Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos, tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI*”. O autor recomenda ser importante trazer, para as atividades educacionais, técnicas e instrumentos que possam ser facilmente compreendidos e manuseados, evitando assim a crença popular de que o conhecimento científico requer meios tão complicados que não podem ser compreendidos ou acessados pelas pessoas comuns.

Para evitar reforçar essa visão de ciência associada a aparelhos e técnicas inacessíveis o autor propõe, entre outras possibilidades, a replicação das primeiras investigações biológicas microscópicas (vale lembrar aqui que a microscopia foi vital para o desenvolvimento da Citologia, da Histologia e da compreensão de que os micro-organismos são os principais causadores das doenças infectocontagiosas). Embora sua

invenção remonte ao final do século XVI, foi a partir do século XVII, com a obra "*Micrographia*" (1665) de Robert Hooke e dos trabalhos de Antony van Leeuwenhoek, que o microscópio passou a ser importante como instrumento para investigações científicas. O autor propõe inclusive seguir os passos desses primeiros investigadores que trabalharam na escala microscópica da biologia – razão pela qual a SEI "*O Mundo Microscópico*" foi construída com duas das mais importantes e famosas investigações feitas por Robert Hooke e uma de Leeuwenhoek. As outras duas atividades investigativas foram adicionadas posteriormente e por motivos já apresentados: uma aula/atividade por conta do diagnóstico da experenciação-piloto de que os argumentos acerca da fluabilidade e densidade da cortiça eram frágeis em relação aos seus Apoios (A) (TOULMIN, 2006) e esses conceitos bastante complexos (SMITH et al., 1992); a outra aula/atividade investigativa pela hipótese de que algumas PECEs só ocorreriam com atividades investigativas de nível quatro segundo a classificação de Banchi e Bell (2008).

4.3 Análise: a SEI "*O Mundo Microscópico*" é mesmo investigativa?

Alguns autores entendem que para ser um Sequência de Ensino por Investigação (SEI) é necessário haver uma pergunta ou objetivo condutor/fulcral. Uma SEI pode ser composta de diversas atividades, em que algumas nem sejam investigativas ou contribuam diretamente para responder à pergunta ou objetivo principal, mas todas as atividades devem ser pautadas e correlacionadas à questão central (Professora Dra. Daniela Scarpa em comunicação pessoal no ENECI, 2017, quando na apresentação da versão piloto da SEI "*O Mundo Microscópico*"). Acontece esta SEI não foi construída com suas atividades voltadas para uma questão ou objetivo central conceitual. Suas atividades constitutivas são individualmente investigativas e foram articuladas com a intenção de, através do engajamento em investigações com graus crescentes de autonomia dos estudantes, ensinar a desenvolver investigações. Assim, o objetivo que alinhava as atividades da SEI "*O Mundo Microscópico*" é a aprendizagem de como desenvolver investigações.

Pedaste et al. (2015) fizeram uma extensa revisão com o objetivo de fornecer aos(as) professores(as) uma estrutura sintética de ensino de ciências por investigação (EnCI). Os autores afirmam esperar que o uso da estrutura por eles proposta, construída

a partir da revisão da literatura, possa ser a chave para o sucesso na implementação efetiva do EnCI e poderia ser pensada para projetar o esqueleto principal do ambiente de aprendizagem.

Quais são as fases estruturais das investigações necessárias para uma aprendizagem baseada no ensino de ciências por investigação? A estrutura proposta por Pedaste et al. (2015) é constituída de cinco fases distintas de investigação geral: “*Orientação, Conceituação, Investigação, Conclusão e Discussão*”. Algumas dessas fases são divididos em subfases. A fase de “*Conceitualização*” é dividida em duas subfases (alternativas), “*Questionamento*” e “*Geração de hipóteses*”. A fase de “*Investigação*” é dividida em três subfases, “*Exploração*” ou “*Experimentação*”, sendo que ambas podem levar à “*Interpretação de dados*”. A fase de “*Discussão*” é dividida em duas subfases, “*Reflexão*” e “*Comunicação*”. Esta última fase e suas subfases podem estar presentes em todos os momentos durante o ensino de ciências por investigação, porque podem ocorrer a qualquer momento. O quadro abaixo apresenta (QUADRO 05) as Fases, Subfases e suas definições.

Quadro 5 - Síntese das fases e subfases da estrutura de aprendizagem baseada em investigação de Pedaste et al. (2015)

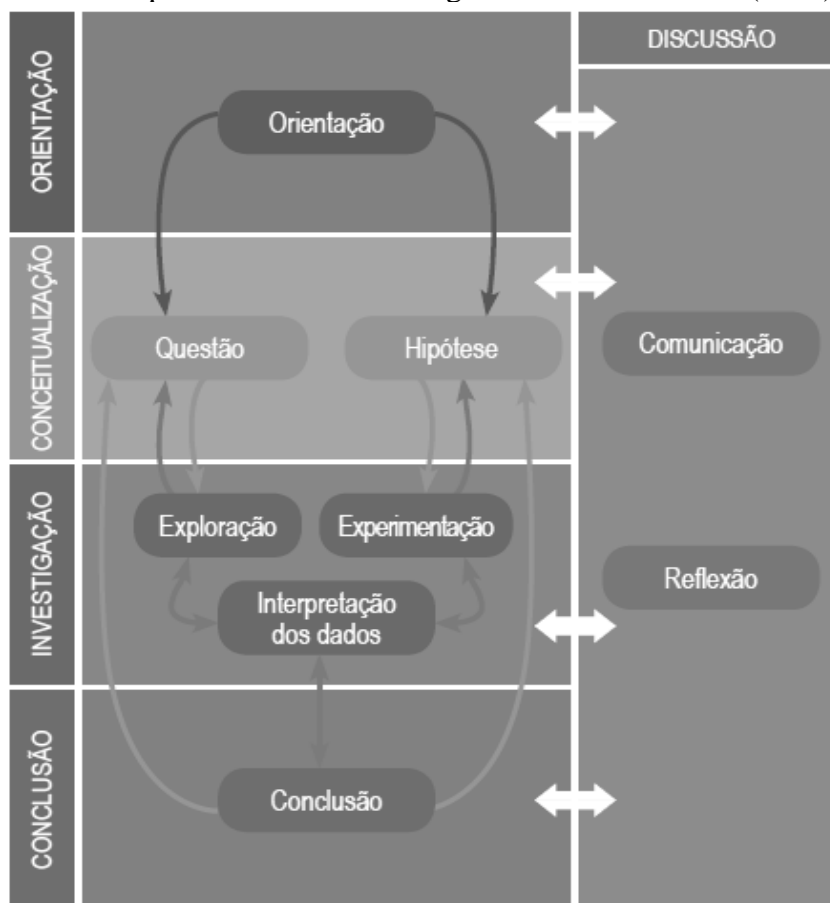
Fases gerais	Definição	Subfases	Definição
Orientação	O processo de estimular a curiosidade sobre um tópico e abordar um desafio de aprendizagem por meio da proposição de um problema		
Conceitualização	O processo de, baseado em teoria, formular as questões e/ou as hipóteses	Questão	O processo de gerar perguntas de pesquisa com base no problema proposto.
		Hipótese	O processo de gerar hipóteses sobre o problema proposto.
Investigação	O processo de planejar a exploração/observação ou experimentação e a coleta e análise de dados.	Exploração	O processo de geração de dados sistemáticos e planejados com base em uma questão de pesquisa.
		Experimentação	O processo de planejar e realizar um experimento para testar uma hipótese.
		Interpretação dos dados	O processo de criar significado a partir dos dados coletados e sintetizar novos conhecimentos
Conclusão	O processo de tirar conclusões a partir dos dados, comparando inferências feitas com base em dados com as hipóteses ou questões de pesquisa		

Discussão	O processo de, comunicando-se com os outros, apresentar descobertas feitas em fases específicas ou em todo o ciclo de investigação. Também o engajamento em atividades reflexivas em fases específicas ou ao longo do processo todo.	Comunicação	O processo de apresentar os resultados de uma fase de investigação ou de todo o ciclo de investigação para outros(as) (colegas, professores/as) e coletar feedback deles(as). Discussão com os(as) demais.
		Reflexão	O processo de descrever, criticar, avaliar e discutir todo o ciclo de pesquisa ou uma fase específica. Discussão interna.

Fonte: tradução nossa de Pedaste et al. (2015)

A figura a seguir apresenta visualmente as possibilidades de inter-relações entre fases e subfases (FIGURA 15).

Figura 14 - Estrutura/esqueleto do Ciclo Investigativo de Pedaste et al. (2015)



Fonte: tradução de Pedaste et al. (2015) *apud* Orientações didáticas do currículo da cidade: Ciências Naturais. – São Paulo: SME / COPED, 2018.

Pedaste et al. (2015) também apresenta três possibilidades de percursos de investigação que podem ser traçados seguindo as setas:

- (a) Orientação - Questionamento - Exploração - Interpretação de dados (possibilidade no ciclo de voltar ao Questionamento) - Conclusão;

(do Questionamento pode-se voltar à Exploração e ao Questionamento. Isso pode ser repetido várias vezes, mas também é possível mover-se diretamente da primeira Exploração à Interpretação de dados; Comunicação e Reflexão podem ser concomitantes a todas as fases)

(b) Orientação - Geração de hipótese - Experimentação - Interpretação de dados (possibilidade no ciclo de voltar à Geração de hipóteses) – Conclusão;

(o ciclo entre a geração de Hipótese - Experimentação - Interpretação de dados pode ser repetido várias vezes, mas também é possível passar diretamente da primeira Interpretação de dados para a Conclusão; Comunicação e Reflexão podem ser concomitantes a todas as fases);

(c) Orientação - Questionamento - Geração de hipótese - Experimentação - Interpretação de dados (possibilidade no ciclo de voltar ao Questionamento ou a Geração de hipóteses) – Conclusão;

(o ciclo entre a Geração de hipótese - Experimentação - Interpretação de dados pode ser repetido várias vezes, mas também é possível passar diretamente da primeira Interpretação de dados para a Conclusão; depois da Interpretação de dados pode ser necessário revisar a(s) Questões, mas mais frequentemente apenas Hipóteses são revisadas, Comunicação e Reflexão podem ser concomitantes a todas as fases).

Fonte: Tradução nossa de Pedaste et al. (2015)

As aulas/atividades da SEI “*O Mundo Microscópico*” não foram construídas a partir da proposta do ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015), mas a análise *a posteriore* foi profícua na caracterização das aulas/atividades da SEI. Quando se faz um olhar mais apurado de cada uma das atividades da SEI “*O Mundo Microscópico*”, pode-se perceber que cada uma delas se encaixa na definição de Pedaste et al. (2015) para a estratégia de EnCI. Isso fica evidente na correspondência feita para cada atividade/aula e as proposições de Pedaste et al. (2015), tanto em relação aos componentes de uma investigação (fases e subfases) explicitadas no quadro cinco (QUADRO 05), como com a estrutura/esqueleto do ciclo investigativo observável na figura 15 (FIGURA 15), e as possibilidades de percursos de investigação. A seguir é apresentada, como exemplo, a análise da aula/atividade 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” segundo o ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015).

4.3.1 Analisando a aula/atividade 1 – “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” segundo o ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015)

Na Aula 1, “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*”, o primeiro movimento dos professores correspondeu ao que Pedaste et al. (2015) denominou de “*Orientação*”, já que suas ações marcaram o início da SEI como um todo e, mais especificamente, do tema

de investigação da aula 1. Os professores apresentaram a forma como as aulas se dariam a partir daquele dia e explicaram sua dinâmica, sempre com investigações a serem desenvolvidas e relatórios a serem produzidos. Expor oralmente o contorno histórico da investigação, deixar a vista microscópios e outros materiais, assim como apresentar a questão que envolvia a observação de pulgas no microscópio, tiveram a intenção de buscar o envolvimento dos(as) estudantes com o tema. Para Pedaste et al. (2015) a fase de “*Orientação*” corresponde ao “*Processo de estimular a curiosidade sobre um tópico e abordar um desafio de aprendizagem por meio da proposição de um problema*” . Entendemos que foi exatamente isso que aconteceu: a Aula/atividade 1 teve em seu primeiro movimento o estímulo à curiosidade dos(as) estudantes e a proposição do problema de investigação.

O problema do saltar da pulga marca a fase de “*Conceitualização*” do ciclo investigativo, mesmo que o problema tenha sido proposto inicialmente na fase de “*Orientação*”. Em uma aula real as fases e subfases se misturam/confundem-se, formando o que numa analogia com a ecologia poderiam ser chamado de ecótono³¹. Mesmo admitindo sobreposições entre as fases e subfases estas deixam marcas que permitem perceber que em algum momento passou-se de uma fase ou subfase para outra. A questão de investigação foi proposta pelo professor. O mesmo pediu aos(as) estudantes que, antes de iniciarem a observação da pulga, levantassem hipóteses sobre por que esta saltaria tão alto comparativamente com outros animais. Ao ser apresentada a questão/objetivo da investigação e pedida a elaboração de hipóteses entendemos que foi iniciada a fase de “*Conceitualização*”. Dentro dessa fase ocorrem as subfases de proposição da “*Questão*”, efetuada pelo professor, e levantamento de “*Hipóteses*”, realizada pelos(as) estudantes. A questão foi proposta inicialmente na fase de “*Orientação*”, mas é retomada na fase de “*Conceitualização*” como desdobramento das hipóteses levantadas pelos(as) estudantes nos pequenos grupos (3 a 4 indivíduos). Uma vez que diversas hipóteses (como por exemplo o fato de que a habilidade de saltar tão alto era resultado de evolução por seleção natural para migrar de hospedeiro para hospedeiro), não poderiam ser verificadas pela observação da pulga ao microscópio, coube ao professor explicar que os(as) estudantes deveriam buscar na anatomia microscópica da pulga, em comparação com a anatomia microscópica da formiga, motivos que explicassem sua habilidade de saltar. Os(as)

³¹ Área de transição entre dois ou mais habitats ou ecossistemas distintos, que pode ter características de ambos <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ec%C3%B3tono/>> (acesso em 23/01/2019).

estudantes foram instruídos também a não descartarem suas hipóteses explicativas caso essas não fossem baseadas em aspectos anatômicos (está subentendido na cultura escolar que, quando um/a professor/a pede uma nova formulação aos/as estudantes, isso significa que a formulação anterior estava errada ou insuficiente). Aqui foi destacada uma das características epistêmicas da ciência Biologia, que é a possibilidade de haver múltiplas e diferentes explicações para um fenômeno. Essas explicações diversas, ao invés de competir, se somariam para melhor explicar o fenômeno (MAYR, 2005).

O que marca a fase de “*Investigação*” é a observação e comparação das pulgas (Ordem: *Siphonaptera*) e formigas lava-pés (*Solenopsis saevissima*). De acordo com Pedaste et al. (2015), a manipulação para produção e a organização de dados caracterizam esta fase. Houve na Aula 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” manipulação do microscópio, das lâminas, dos insetos, pinças e etc. Houve também coleta dos dados por observação, transformação desses em evidências e registro dos mesmos. Em relação ao registro os(as) estudantes foram instruídos(as) explicitamente a desenhar os insetos em diferentes aumentos (os dois menores de cada microscópio). Entendemos que nessa aula/atividade a fase de “*Investigação*” teve duas subfases: “*Exploração*” e “*Interpretação dos dados*”. A “*Exploração*” consistiu na observação, desenho e descrição dos insetos quando observados pelas lentes do microscópio. Defendemos, junto com colaboradores, em dois trabalhos diferentes³², a caracterização dos desenhos e Ilustrações Científicas como Práticas Epistêmicas características e eloquentes da Biologia. A “*Interpretação dos dados*” consistiu na análise do que se podia observar, na análise das diferenças da anatomia microscópica de pulgas e formigas.

Autonomamente, ou induzidos pelo professor, os(as) estudantes retornavam da subfase de “*Exploração*” para a “*Questão*” e assim sucessivamente. Esse movimento de ir e vir da “*Exploração*” para a “*Questão*” evidencia a fase de “*Discussão*”. Quando isso acontecia por mediação do professor, ou dos(as) colegas de grupo, entendemos que ocorria a subfase de “*Comunicação*”, e quando o ir e vir era autônomo, o movimento refletia a subfase de “*Reflexão*”. A “*Discussão*” perpassa todas as fases. Este ir e vir das subfases “*Questão*” para “*Exploração*” para “*Interpretação de dados*”, permeada de “*Discussão*”, seja por “*Comunicação*” ou por “*Reflexão*”, acaba levando à “*Conclusão*”. O que marca esta fase é a transformação dos dados observacionais da anatomia

³² Azevedo et al. (2017) e Del-Corso e Trivelato (2019). Os trabalhos estão em sua íntegra nos anexos.

microscópica das pulgas, em comparação com as formigas, em evidências que permitem produzir uma resposta ao problema investigado. O posicionamento das pernas da pulga, somado ao intumescimento relativo das coxas do terceiro par de pernas em comparação com as outras pernas e com as pernas das formigas, tornam-se evidências para explicar sua habilidade de saltar. A “*Conclusão*” possível aqui não determina uma relação causa-efeito, mas permite estabelecer uma possível correlação.

Partimos também do pressuposto de que é muito importante a tomada de consciência das ações realizadas ao longo dos processos de investigação. Por isso os(as) estudantes deveriam, em grupos, escrever relatórios das investigações, o que a nosso ver constitui movimento da subfase “*Comunicação*”. A confecção de relatórios, somada às intervenções dos(as) educadores(as) da SEI, com pedidos constantes de explicitação oral das ações efetuadas nos grupos, tinha a intenção de promover a tomada de consciência dos(as) estudantes aos processos realizados por eles(as) mesmos(as).

Entendemos que o percurso de investigação da Aula 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” apresenta uma nova possibilidade, que difere em um ponto daquelas propostas por Pedaste et al. (2015), já que o percurso foi: “Orientação” → “Questão” ↔ “Hipótese” ↔ “Exploração” ↔ “Interpretação de dados” ↔ “Conclusão”. Em nenhum dos caminhos propostos por Pedaste et al. (2015) os(as) estudantes passam da “Hipótese” para a “Exploração”.

5. A construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)

Esse capítulo vai discorrer sobre a construção de uma ferramenta de análise para identificar a emergência das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciarem a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”.

A primeira etapa consistiu em selecionar trabalhos da área que traziam exemplos de Práticas Epistêmicas (PE), dessa forma ampliando as referências que tratam de questões pertinentes aos objetivos de investigação. O PISA (2015) com suas competências gerais e específicas para o letramento científico e o NRC (2012), com suas práticas científicas, também entraram na composição das referências usadas para elaboração da ferramenta de análise do engajamento em PECEs. Os argumentos para a escolha desses trabalhos serão apresentados mais adiante, assim como os argumentos para justificar a inclusão do PISA (2015) e do NRC (2012), que usam outras terminologias que não Práticas Epistêmicas (PE), mas em nosso entendimento podem fazer parte dos trabalhos usados para compor as PECEs.

A segunda etapa consistiu em apresentar os trabalhos usados para compor a primeira lista de PE, incluindo também o PISA (2015) e NRC (2012). As PE desses trabalhos de referência foram, então, compiladas para formar uma primeira lista (Lista 1 -- compilado de Práticas Epistêmicas dos trabalhos de referência) de PE, junto com as competências gerais e específicas para o letramento científico do PISA (2015) e as práticas científicas do NRC (2012). Esta lista traz as PE de todos os trabalhos de referência, mais as competências gerais e específicas para o letramento científico do PISA (2015) e as práticas científicas do NRC (2012), exatamente como nos trabalhos originais quando esses eram em português ou com traduções literais quando o original era de língua estrangeira. A lista contém também uma codificação que permite identificar o trabalho de origem e rubrica quando houvesse. A lista um (1) respeitou a distribuição das PE específicas nas PE gerais de proposição/produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento quando essa existia no original. Essa primeira lista encontra-se na íntegra nos apêndices (APÊNDICE I).

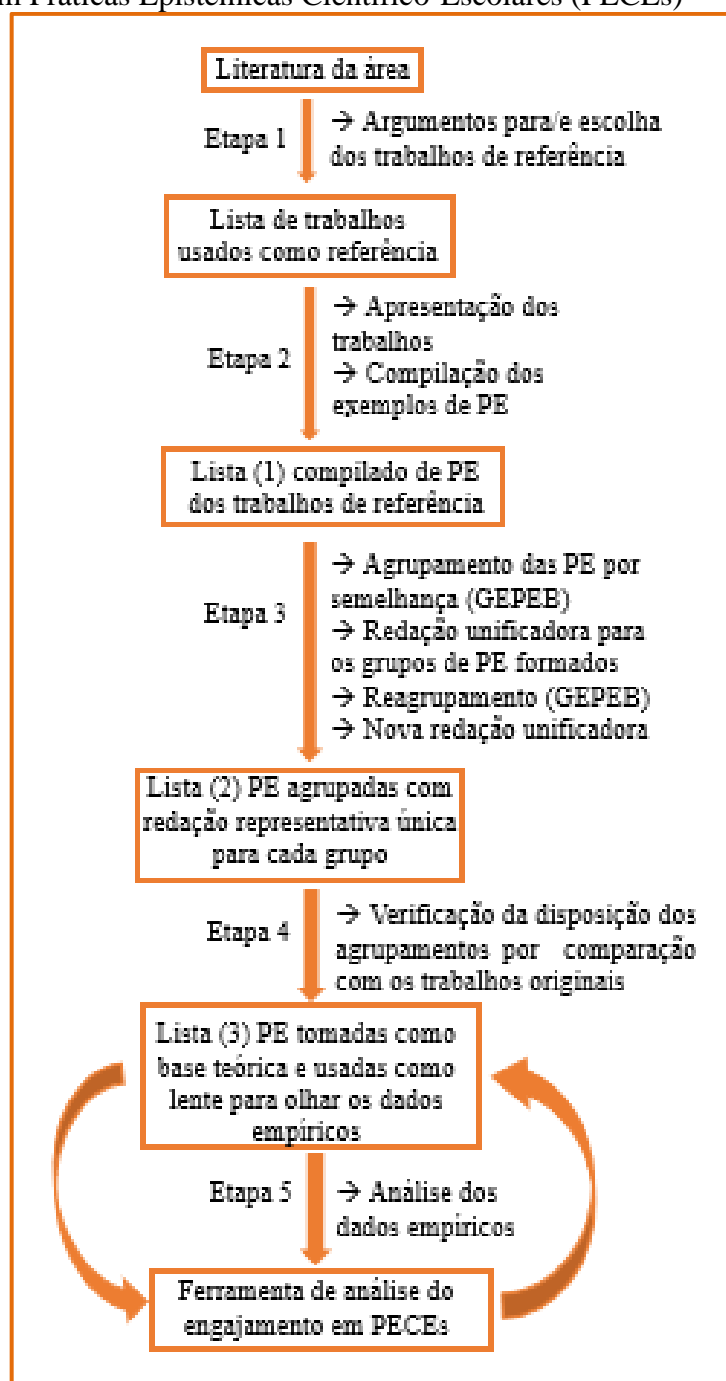
A terceira etapa consistiu na submissão da lista 1 (APÊNDICE I) ao GEPEB, para que PE de autores diferentes e redações diferentes, mas com sentidos epistêmicos iguais, fossem agrupadas, e também para um primeiro exercício de redigir um texto que representasse cada agrupamento de PE. Dessa terceira etapa deriva uma segunda lista (Lista 2) com PE agrupadas e redação única representativa de cada agrupamento. Essa lista 2 foi novamente submetida à apreciação do GEPEB para reagrupamentos e revisão das redações representativas dos agrupamentos e rubricas.

A quarta etapa consistiu em determinar onde cada uma das PE dos agrupamentos estavam dispostas nos trabalhos de origem e a partir disso comparar com sua distribuição pelo GEPEB, verificando assim sob qual das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico cada PE estava disposta. Após os rearranjos cabíveis foi produzida a terceira lista (Lista 3), que foi usada como base para olhar os dados empíricos.

A quinta etapa foi um processo iterativo³³, em que partindo de uma lista de PE construída teoricamente (Lista 3) era feito o olhar para os dados empíricos, e desses de volta à lista que então recebia ajustes e reformulações, e de novo aos dados empíricos, e assim sucessivamente, até se chegar à ferramenta de análise do engajamento em PECEs. Essa ferramenta apresenta uma lista de PECEs representativas dos dados empíricos, ou seja, do contexto da SEI “*O Mundo Microscópico*” e sua experiencição. A ferramenta de análise do engajamento em PECEs deriva das referências teóricas tomadas para sua construção, somada às ponderações do GEPEB e raciocínio do pesquisador, aprimoradas com o olhar para os dados empíricos.

³³ Feito de novo, repetido, reiterado, realizado inúmeras vezes; que explicita, que denota atos repetidos. (<https://www.dicio.com.br/iterativo/>) (acesso 18-03-2019).

Figura 15 - Estrutura ilustrativa do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Lüdke e André (1986) afirmam que a construção de categorias de análise para documentos não é tarefa fácil, e que essas brotam, num primeiro momento, do arcabouço teórico em que se apoia a pesquisa, mas que esse conjunto inicial de categorias vai ser modificado ao longo do estudo, num processo de confronto constante entre teoria e empiria. Segundo Lüdke e André (1986), a análise de dados qualitativos é um processo criativo que exige grande rigor intelectual e muita dedicação. Não existe uma forma

melhor ou mais correta. O que se exige é sistematização e coerência do esquema escolhido com o que se pretende no estudo.

A forma como a ferramenta para identificação das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) na Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*” foi produzida se assemelha à forma como Araújo (2008) produziu seu próprio dispositivo. Araújo (2008) se baseou, para a produção de sua rubrica para identificar as Práticas Epistêmicas (PE) em atividades investigativas de química, na soma de algumas das práticas epistêmicas propostas e definidas por Jiménez-Aleixandre et al. (2008). De acordo com a autora estas PE foram tomadas como lentes para um olhar inicial mas: “(...) *logo vimos que elas não seriam suficientes para categorizar os dados.*”. Ocorreu então um processo iterativo com os dados, sendo no ir e vir entre os dados e as PE tomadas *a priori* que emergiram as PE usadas como categorias de análise.

Gerolin (2017), por sua vez, partiu das categorias de Práticas Epistêmicas (PE) apresentadas como exemplos ilustrativos dessas para a educação científica em abordagem disciplinar investigativa por Gregory Kelly e Peter Licona (2018), presentes no final de seu trabalho intitulado “*Epistemic Practices and Science Education*”. A autora afirma que ao iniciar a análise dos dados empíricos produzidos pelos(as) estudantes percebeu que as categorias tomadas *a priori* não eram completamente proveitosas, e sentiu necessidade de fazer adequações, que constituíram na criação de novas categorias de PE, supressão de outras categorias e fusões e adaptações de categorias. Para justificar esse exercício, Gerolin trouxe as considerações dos próprios autores das categorias tomadas *a priori*. Esses que afirmam que as PE são interacionais, dependentes do contexto, e das concepções epistêmicas da comunidade de práticas e que não há um limite de PE existentes ou uma lista única a ser tomada como referência, e também que as PE dependem das particularidades de cada campo e disciplina da Ciência. A atividade investigativa por ela analisada se vinculava às particularidades da Biologia, mais especificamente, as da Ecologia, e ainda mais aprofundadamente, da Dinâmica Populacional.

Isso significa, nas palavras da autora, que:

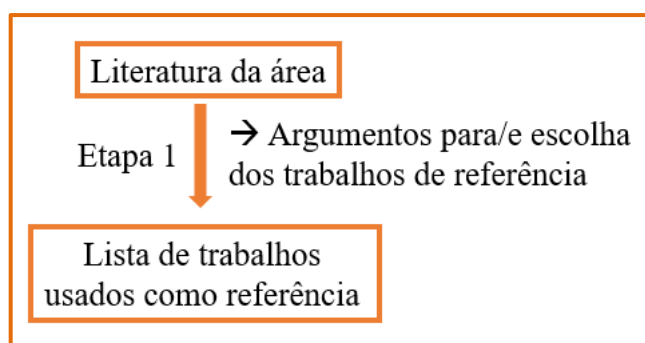
(...) cada disciplina científica possui suas próprias formas de construir, comunicar, avaliar e legitimar o conhecimento científico e seus critérios do que conta como dado, evidência, explicação, procedimento etc.

Gerolin (2017)

5.1 Etapa 1: A escolha dos trabalhos de referência sobre PE usados na construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)

Para compor a lista inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE) partimos de diversas fontes que são apresentados em um quadro (QUADRO 06). A escolha dos trabalhos acadêmicos para basear nossa lista inicial de PE foi pragmática: tratavam-se dos referenciais comuns aos integrantes do GEPEB (Grupo de Pesquisa e Estudos no Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP –, sob a coordenação da Profa. Dra. Sílvia L. F. Trivelato). Todos estes trabalhos falam sobre Práticas Epistêmicas e trazem exemplos dessas para o ensino de ciências.

Figura 16 - Etapa 1 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)



Fonte: Elaborada pelo autor.

O quadro que vem a seguir mostra à esquerda a referência completa do trabalho de origem e na coluna da direita um código de identificação criado para o respectivo trabalho:

Quadro 6 - Quadro com a referência do trabalho de origem das Práticas Epistêmicas ou científicas e seu código de identificação

Trabalho de Origem	Código de identificação do trabalho
1º KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. R. (Ed.). History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives . Cham: Springer International Publishing, 2018. p.139-165. ISBN 978-3-319-62616-1.	KL18
2º ARAÚJO, A. O. O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de Química . 2008. 144 (Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.	A08
3º GEROLIN, Eloisa Cristina. Práticas epistêmicas, comunidades epistêmicas de práticas e o conhecimento biológico: análise de uma atividade didática sobre dinâmica de crescimento populacional . 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.	Elo17
4º JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. et al. Epistemic Practices: an Analytical Framework for Science Classrooms . Annual Meeting of the AERA. New York City, USA 2008.	J08
5º SILVA, A.C.T. Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes . 2008. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, maio de 2008.	Ad08
6º JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, L. What are authentic practices? Analysis of students' generated projects in secondary . NARST Annual Meeting, Philadelphia, PA, 2010. p.21-24.	JFL10
7º PISA. Programa Internacional de Avaliação de Documentos. Exemplos de Itens Liberados de Ciências. Tradução do documento: CY6_TST_PISA2015FT_Released_Cognitive_Items. 2015. Realizada por Lenice Medeiros-Daeb/Inep. 2015. 45p. Acesso em: 20 jun. 2016. *	PISA
8º NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas . Washington, DC: The National Academies Press. 2012. https://doi.org/10.17226/13165 .	NRC

* Disponível em:

http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/itens/2015/itens_liberados_ciencias_pisa_2015.pdf

A escolha por trazer o Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes/*Programme for International Student Assessment* – PISA (2015), que é uma matriz curricular para um programa de avaliação internacional de estudantes ocorre,

primeiro, da importância e influência que esse vem ganhando. De acordo com Pereyra et al. (2013) o PISA é um dos eventos educativos mais famosos e importantes dos últimos anos (iniciou-se em 2000) e, talvez por sua repercussão midiática, tem influenciado os currículos de ensino de vários países, assim como suas políticas educacionais e práticas de ensino. Estas afirmações servem para justificar, com relação à sua importância, a inclusão desse documento como base para compor nossa lista inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE).

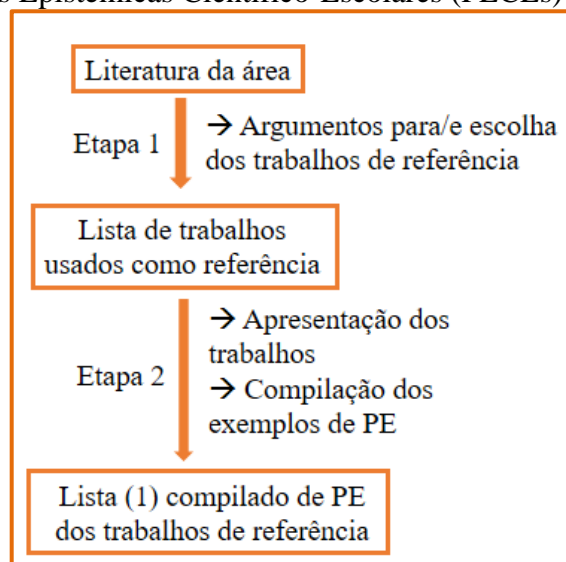
Um segundo aspecto a ser considerado para incorporar o PISA (2015), como base referencial para a lista inicial de Práticas Epistêmicas (PE), se deve à própria base conceitual desse programa, o letramento científico, que nesta tese é pragmaticamente entendido como sinônimo de Alfabetização Científica (vide capítulo 1.2), sendo esta última uma das bases conceituais deste trabalho. Vale frisar que o PISA não fala em Práticas Epistêmicas, mas em competências gerais e específicas para o letramento científico. Mais à frente serão apresentados os argumentos que justificam por que as competências gerais e específicas para o letramento científico do PISA foram consideradas equivalentes às Práticas Epistêmicas (PE).

A adoção, também, do documento curricular americano produzido pelo National Research Council (NRC) 2012, denominado “*Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*” (Diretrizes para a educação em ciências do ensino fundamental e médio: práticas, conceitos transversais e ideias centrais – nossa tradução) para compor a lista inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE) tem relação com a importância desse documento e dos pesquisadores que o criaram – além de ser um documento que preconiza, em nosso entendimento, a Alfabetização Científica (AC) através do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Sendo os EUA um país importante, esse documento expandiu sua influência no ensino de ciências para além de suas fronteiras. Quando se faz uma busca de citações de itens-fonte indexados dentro da principal coleção do *Web of Science* com o termo “*Framework for K-12 Science Education*”, ele aparece 163 vezes, das quais 101 em artigos acadêmicos. Esse documento não usa a terminologia Práticas Epistêmicas (PE), mas sim Práticas científicas, e mais à frente serão apresentados os argumentos que justificam por que as consideramos correspondentes às PE.

5.2. Etapa 2: Apresentação dos trabalhos de referência sobre PE compilados e usados na construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)

Aqui são apresentados brevemente cada um dos trabalhos que continham exemplos de PE e que foram usados como referências para compor a lista inicial de PE (Lista 1). Para o PISA e o NRC são também expostos os argumentos que justificam sua consideração como referência para a lista em questão.

Figura 17 - Etapas 1 e 2 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Kelly e Licon (2018), em seu trabalho intitulado “*Epistemic practices and science education*” (em português: Práticas Epistêmicas e Educação Científica), fazem uma extensa revisão sobre Práticas Epistêmicas (PE) e trazem, no final do trabalho, exemplos de PE que podem ser encontradas em diferentes contextos educacionais. Os próprios autores afirmam que não há um conjunto limitado de PE, e podemos entender então que tampouco existe um conjunto fechado de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Os autores também trazem que, no geral, as PE são definidas e reconhecidas em um grupo que pode ser muito localizado e mutável, mas que há práticas que se estendem de forma mais generalizante, tendo grande adesão nas diferentes áreas da ciência. Afirmam ainda, em concordância com Rudolph (2003), que qualquer escolha de

representação escolar de PE requer uma seleção de uma gama de práticas do mundo da “ciência tradicional”³⁴.

Dessa forma, Kelly e Licona (2018), assim como outros diferentes autores, apresentam as PE que, a eles, parecem ser estruturantes da construção do conhecimento científico nas mais diferentes áreas das ciências. Essa lista apresenta PE mais gerais (Práticas Epistêmicas sociais), composta das práticas de ‘Proposição, Comunicação, Avaliação e Legitimação’ do conhecimento.

Quadro 7 - Exemplos ilustrativos de práticas epistêmicas para a educação científica em abordagem disciplinar investigativa de Kelly e Licona (2018).

Práticas Epistêmicas:	
Proposição	Propor/formular questões científicas. Planejar investigações científicas para responder a perguntas. Fazer observações. Buscar evidências relevantes em uma investigação. Construir e refinar modelos.
Comunicação	Desenvolver uma linha de raciocínio científico. Escrever uma explicação científica (relatório de laboratório). Comunicar verbalmente uma explicação científica. Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínios.
Avaliação	Avaliar méritos de uma afirmação científica, evidência ou modelo. Avaliar uma linha de raciocínio científico. Avaliar explicação científica. Considerar explicações alternativas.
Legitimação	Construir consenso sobre explicações científicas. Apresentar consenso (legitimar) sobre a explicação mais adequada às teorias científicas pré-existentes. Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica.

Fonte: Tradução nossa de Kelly e Licona (2018)

Araújo (2008) produziu sua lista de Práticas Epistêmicas a partir das propostas por Jiménez-Aleixandre, Mortimer, Silva e Diaz (2008), mas num processo que a própria autora definiu como iterativo, em que do ir e vir dos dados empíricos, coletados em aulas de química, emergiram suas categorias de análise.

³⁴ Reforçamos que, como anteriormente apresentado no capítulo um, adotamos o termo ciência “tradicional” como uma forma de diferenciar as ciências praticadas nos centros de pesquisa, laboratórios, universidades etc, daquela que ocorre na escola.

Essas categorias propostas por Araújo (2008) são apresentadas a seguir e foram usadas como uma das fontes para nossa lista (Lista 1) inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE):

Quadro 8 - Práticas Sociais e Epistêmicas segundo Araújo (2008).

Práticas Epistêmicas		Rubrica
Produção	1. Problematizar	Essa prática é utilizada quando o aluno cria um problema/questão relacionado ao tema que está sendo estudado ou retoma um problema/questão anteriormente proposto pela professora. Corresponde à motivação para o início da discussão.
	2. Elaborar hipóteses	Corresponde às alternativas de respostas propostas para responder ao problema ou à questão proposta.
	3. Planejar investigação	Traçar estratégias para a investigação do problema.
	4. Construir dados	Corresponde à construção ou a coleta dos dados.
	5. Utilizar conceitos para interpretar dados	Quando os alunos recorrem, explicitamente, aos conceitos que já possuem para interpretar os dados obtidos na atividade.
	6. Articular conhecimento observacional e conceitual	Quando explicitam diretamente a relação entre o conceito e a observação que estão realizando no experimento.
	7. Lidar com situação anômala ou problemática	Quando o problema ou a questão proposta difere do que era esperado pelos alunos ou quando lidam com um problema que é novo, para o qual não conseguem elaborar hipótese ou chegar na resposta.
	8. Considerar diferentes fontes de dados	Quando recorrem a algum dado diferente do que está sendo trabalhado naquele momento para solucionar o problema.
	9. Checar entendimento	Quando o grupo volta ao que já havia sido anteriormente discutido para verificar se a compreensão está apropriada. Essa prática ocorre entre o próprio grupo ou durante a interação do grupo com a professora.
	10. Concluir	Quando o grupo finaliza o problema, a questão proposta.
Comunicação	1. Argumentar	Algum membro do grupo procurar convencer os outros ou estabelecer um ponto de vista justificável frente a um conhecimento ou problema considerado contestável. Nessa análise, utilizamos a argumentação como sendo uma atividade verbal e social, desenvolvida pelos membros do grupo, que tenha por objetivo reforçar ou enfraquecer a aceitabilidade de um ponto de vista controverso perante o grupo.
	2. Narrar	Narrar fatos na ordem temporal de acontecimentos. Nesse tipo de comunicação estão presentes agentes, situação ou contexto de ação e intenções ou motivos.
	3. Descrever	Fornecer as características, configuração espacial de um evento ou objeto. Este tipo de texto envolve enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes.
	4. Explicar	O texto explicativo recorre a algum tipo de mecanismo ou de modelo teórico para se referir a um sistema, objeto ou fenômeno.

	5. Classificar	A classificação é um tipo de descrição, na qual se define algumas classes, normalmente por regras de categorização clássica.
	6. Exemplificar	Usando instâncias particulares para sustentar uma ideia mais geral. A exemplificação pode comportar vários tipos de texto diferentes (uma descrição, uma classificação, uma narração e uma explicação), mas apresentadas com o objetivo de exemplificar algo.
	7. Definir	Enunciar um dado sentido que se pretende conferir a uma palavra ou expressão de modo que possa, a partir de então, ser tomada como referência coletiva.
	8. Generalizar	Envolve a produção de enunciados que contém explicações ou descrições que não se referem a um fenômeno ou objeto específico, mas a classe desses fenômenos ou objetos.
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias	Quando o sujeito apresenta uma opinião pessoal, bem sinalizada (com marcadores textuais como: na minha opinião, eu acredito que).
	10. Negociar explicações	O grupo negocia uma explicação plausível para tentar atingir consenso entre os seus membros para a questão proposta. Presente ao final das atividades, quando as alunas estão formalizando a resposta final para ser colocada no roteiro de atividades.
	11. Usar linguagem representacional	Quando o grupo utiliza simbologia química ou matemática, linguagem representacional, para transpor suas observações.
	12. Usar analogias e metáforas	Utilização de metáforas e analogias para fazer explicações.
Avaliação	1. Complementar ideias	Corresponde à complementar o que foi dito anteriormente.
	2. Contrapor ideias	Corresponde à discordância do que foi dito anteriormente.
	3. Criticar outras declarações	Criticar, explicitamente, o que foi anteriormente dito. Numa crítica, nem sempre há discordância com o que foi enunciado, ou essa discordância é parcial.
	4. Usar dados para avaliar	Usar um conjunto de dados para avaliar os enunciados teóricos.
	5. Avaliar a consistência dos dados	Verificar se os dados são coerentes com as teorias.

Fonte: Araújo, (2008).

Gerolin (2017) também concebeu suas categorias de análise por meio de um ciclo dinâmico de interlocução entre os referenciais teóricos e os dados empíricos derivados de uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) experienciada em aula de Biologia, tratando especificamente da área de ecologia -- mais especificamente, dinâmica populacional. Partindo, *a priori*, das categorias de PE para o ensino de ciências por investigação de Kelly e Licon (2018), a autora percebeu que essas categorias não se adequavam perfeitamente. Havia PE propostas *a priori* não encontradas nos dados

empíricos que por isso foram suprimidas, e situações empíricas que não tinham PE que as contemplassem, daí a adaptação ou proposição de novas PE. Isso, ainda de acordo com a autora, reforça a importância de analisar as PE e a construção do conhecimento *in situ*, ou seja, nos contextos e espaços educacionais, já que assim como cada comunidade estabelece e legitima o que é considerado válido como conhecimento, procedimento, ferramenta, evidência, cada comunidade escolar vai fazer o mesmo.

O quadro abaixo (QUADRO 09) apresenta as PE usadas por Gerolin (2017) em suas análises. Essas vêm acompanhadas das suas rubricas correspondentes, usadas para verificação do engajamento.

Quadro 9 - Práticas Sociais e Epistêmicas e rubricas de verificação de engajamento segundo Gerolin (2017).

Práticas epistêmicas		Rubrica de verificação de engajamento
Proposição	Elaborar questões científicas.	Definir, discutir ou retomar a questão de investigação.
	Planejar investigações científicas para responder questões.	Definir instrumentos, procedimentos e tarefas a serem desenvolvidas na investigação.
	Fazer observações.	Observar características e evidências no plano empírico.
	Visualizar evidências relevantes na investigação.	Definir ou discutir o que conta como dado e evidência para a investigação.
	Construir dados.	Contar, amostrar e ordenar cronologicamente os dados.
	Lidar com problemas e situações anômalas.	Enfrentar erros, problemas, dificuldades e lidar com dados anômalos durante a investigação.
	Construir e refinar modelos.	Existente no original, mas suprimida pela autora por não ser encontrada nas análises.
Comunicação	Desenvolver um raciocínio científico.	Relacionar ideias logicamente (Se... Então... Portanto).
	Construir uma explicação científica (fusão do que no original eram as duas categorias abaixo).	Utilizar evidências, raciocínios, e conhecimentos prévios ou já estabelecidos na construção de relações causais.
	Comunicar verbalmente uma explicação científica.	Tais categorias foram fusionadas e deram origem a categoria “Construir uma explicação científica baseada em raciocínios, conhecimentos já estabelecidos ou em evidências”. Tal fusão ocorreu, pois, os dados empíricos consistem em interações discursivas, portanto somente há evidência se uma explicação foi construída se essa for comunicada.
	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínios.	
	Construir inscrições literárias.	Produzir fotografias, desenhos, esquemas, tabelas, gráficos e/ou equações para representar fenômenos.
	Utilizar inscrições literárias.	Ler, interpretar e/ou discutir informações presentes em fotografias, desenhos, esquemas, tabelas, gráficos e/ou equações que representam fenômenos.

	Escrever um relatório científico.	Escrever, elaborar, ditar e/ou discutir o texto científico.
Avaliação	Avaliar uma linha de raciocínio científico.	Fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de um raciocínio científico.
	Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência, explicação ou inscrição literária.	Fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de uma afirmação, evidência, explicação, inscrição literária, ou ainda seus processos de construção.
	Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou um modelo científico.	Tais categorias foram fusionadas e deram origem a categoria “Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência, explicação ou um modelo científico”.
	Avaliar uma explicação científica.	
	Considerar explicações alternativas.	Existente no original, mas suprimida pela autora por não ser encontrada nas análises.
Legitimação	Construir consenso sobre a explicação que mais se aproxima das teorias preexistentes cientificamente aceitas.	Retirada pela autora por considerar que se sobrepõe a categoria “Construir consenso de grupo sobre explicações científicas”.
	Construir consenso de grupo sobre procedimentos.	Decidir coletivamente os procedimentos que serão adotados na investigação, na construção de dados ou ainda na construção do relatório científico e das inscrições literárias.
	Construir consenso de grupo para explicações científicas.	Decidir coletivamente a explicação que será adotada pelo grupo.
	Reconhecer conhecimentos relevantes na comunidade epistêmica.	Identificar e aceitar os procedimentos, conhecimentos e ideias que são importantes e válidos na comunidade epistêmica de práticas.

Fonte: Gerolin (2017)

Jiménez-Aleixandre et al publicaram um artigo no encontro anual do AERA (*American Educational Research Association*) de 2008 propondo um quadro com Práticas sociais relacionadas à construção do conhecimento científico, Práticas Epistêmicas gerais e específicas. Esse artigo não pôde ser acessado em seu original, por ter sido publicado apenas nos anais desse encontro, mas compõe fonte recorrente de outros diversos trabalhos científicos quando esses buscam uma referência para PE, sendo referenciado 28 vezes no Google acadêmico. Alguns trabalhos que fazem referência a esse artigo: Silva, 2015a; Silva, 2015b; Silva, 2008; Christodoulou e Osborne, 2014, entre outros.

Jiménez-Aleixandre et al. (2008) organizaram seu quadro (QUADRO 10), apresentado abaixo, colocando na primeira coluna as práticas sociais relacionadas ao conhecimento (produção, comunicação e avaliação do conhecimento) como propostas por Kelly (2002; 2005): na segunda coluna colocaram as Práticas Epistêmicas gerais e, na terceira coluna as Práticas Epistêmicas mais específicas.

Quadro 10 - Práticas Sociais, Epistêmicas Gerais e Específicas relacionadas à construção do conhecimento Científico segundo Jiménez-Aleixandre et al. (2008)

Práticas sociais relacionadas ao conhecimento	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas específicas
Produção	Articular o próprio conhecimento.	Monitorar o progresso.
		Realizar investigações.
		Usar conceitos para planejar e realizar ações (p.e. no laboratório).
		Articular conhecimento técnico e conceitual.
		Construir significados.
Comunicação	Dar sentido aos padrões nos dados.	Considerar diferentes fontes de dados. Construir dados.
	Interpretar e construir inscrições.	Relacionar diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica. Transformar dados em diferentes formatos.
Avaliação	Produzir relatórios e outros textos que circulam na sala de aula.	Escrever textos em diferentes linguagens científicas.
	Persuadir os membros da comunidade.	Apresentar suas próprias ideias e enfatizar pontos-chaves. Negociar explicações.
	Coordenar teoria e evidência: argumentação.	Distinguir conclusões de evidências. Usar dados para avaliar teorias. Usar conceitos para interpretar dados. Olhar os dados de diferentes perspectivas. Recorrer a outros conhecimentos para consistência dos dados.
Avaliação	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade).	Justificar suas próprias conclusões. Críticas conclusões de outros. Usar conceitos para categorizar dados anômalos.

Fonte: Silva, (2015ab)

Em sua tese de doutorado, Adjane da Costa Tourinho e Silva (SILVA, 2008) analisou a prática docente de dois professores de Química quanto a seu estilo de ensinar e suas concepções relacionadas à Ciência. A partir disso, a autora investigou como as estratégias desses professores geravam oportunidades para que os estudantes se envolvessem nas atividades investigativas e compartilhassem do discurso da ciência em sala de aula. Para compreender como as estratégias enunciativas fomentavam o envolvimento dos estudantes com a linguagem social da ciência escolar, a autora recorreu aos conceitos de PE, usando o quadro abaixo (QUADRO 11). Esse quadro é bastante semelhante ao anteriormente apresentado de Jiménez-Aleixandre et al. (2008).

Quadro 11 - Práticas Sociais, Epistêmicas Gerais e Específicas relacionadas à construção do conhecimento Científico segundo Silva (2008).

Prática social em relação com o conhecimento	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas específicas
Produção	Articulação dos próprios saberes;	Monitorando o progresso; Performando investigações; Usando conceitos para planejar e realizar ações (por exemplo no laboratório); Articulando conhecimento técnico e conceitual; Construindo significados;
	Dando sentido aos padrões de dados.	Considerando diferentes fontes de dados; Construindo dados.
Comunicação	Interpretar e construir as representações;	Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica; Transformando dados.
	Produzir relações	Aprendendo a escrever no gênero informativo.
	Persuadir os outros membros da comunidade.	Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave; Negociando explicações.
Avaliação	Coordenar teoria e evidência: (argumentação);	Distinguindo conclusões de evidências; Usando dados para avaliação de teorias; Usando conceitos para interpretação dos dados; Olhando dados de diferentes perspectivas; Recorrendo à consistência com outros conhecimentos.
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade).	Justificando as próprias conclusões; Criticando conclusões de outros; Usando conceitos para configurar anomalias.

Fonte: Sílva, (2008)

O trabalho de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López apresentado na Conferência Anual Internacional de 2010, da Associação Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (*National Association for Research in Science Teaching* -- NARST), foi usado como uma das fontes para nossa lista inicial e referencial de PE, já que esta tese também usou relatórios escritos (que seguiram estágios crescentes de investigação) como *corpus* de dados. A classificação de Banchi e Bell (2008) concentra-se em quantos elementos/informações (por exemplo, pergunta norteadora, procedimento e resultados esperados) são fornecidos aos(as) estudantes pelo(a) professor(a) e quantos deles são dos(as) próprios(as) estudantes. Os projetos que geraram os relatórios analisados, tanto nesta tese quanto no trabalho de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010), avançaram na direção de uma maior autonomia dos(as) estudantes.

Os autores supracitados elaboraram um quadro para analisar os projetos desenvolvidos pelos(as) estudantes cujo arcabouço vem do trabalho de Chinn e Malhotra (2002). A esse somaram-se duas categorias de PE de Kelly (2008).

Quadro 12 - Práticas de construção do conhecimento científico em sala de aula de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010).

Processo Cognitivo	Práticas
1 Produzindo perguntas de pesquisa.	1.1 Os alunos produzem suas próprias perguntas de pesquisa/investigação.
2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação.	2.1 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação sobre outros assuntos.
	2.2 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação e informações sobre a própria questão escolhida..
3 Projetando/planejando investigações.	3.1 Alunos propõem e planejam procedimentos para abordar a questão.
	3.2 Os alunos decidem e selecionam as variáveis a investigar e como medi-las.
	3.3 Alunos selecionam mais de uma variável.
	3.4 Os alunos definem quais devem ser os controles e como configurá-los.
	3.5 Alunos realizam um estudo piloto.
4 Fazendo observações.	4.1 Os alunos fazem observações, coletam dados, abordam o viés do observador.
	4.2 Alunos selecionam e analisam dados.
5 Explicando os resultados.	5.1 Estudantes interpretam dados, transformam observações em outro formato de dados.
	5.2 Alunos identificam falhas, levam em consideração dados anômalos.
	5.3 Alunos identificam padrões.
	5.4 Os alunos relacionam as observações à questão de pesquisa/investigação por meio de cadeias de inferência que podem ser indiretas.
	5.5 Alunos generalizam para diferentes situações.
6 Desenvolvendo teorias.	6.1 Os alunos desenvolvem explicações ou interpretações que podem envolver entidades não observáveis.
	6.2 Alunos consideram explicações alternativas, abordam dados conflitantes.
	6.3 Alunos tiram conclusões dos dados.
	6.4 Estudantes fazem previsões e sugerem novas questões emergentes.
7 Comunicar resultados e processo.	7.1 Alunos escrevem relatórios de pesquisa/investigação.
	7.2 Os alunos comunicam seus resultados a outras pessoas na escola ou fora dela.
	7.3 Os resultados são publicados em um periódico.
8 Produzir impacto social ou técnico.	8.1 O estudo tem algum impacto social ou técnico, incluindo prêmios.

Fonte: Tradução nossa de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010)

Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) afirmam haver atualmente um consenso de que o ensino de ciências deve ter como objetivo desenvolver tanto os conhecimentos científicos canônicos como sua construção. Envolver estudantes em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) poderia propiciar aprendizagem sobre Natureza da Ciência (NdC) (NOS, do Inglês *Nature of Science*), promovendo então o

desenvolvimento pelos(as) estudantes de uma compreensão do que os(as) cientistas fazem e como fazem.

Essas concepções estariam, segundo Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017), em consonância com as diretrizes curriculares incluídas nas reformas educacionais em vários países (por exemplo o NRC, 2012) que recomendam o desenvolvimento de uma concepção apropriada de como o conhecimento científico é construído.

Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) sintetizam as práticas científicas do PISA (2005) primeiramente em três esferas ou práticas gerais como apresentado abaixo:

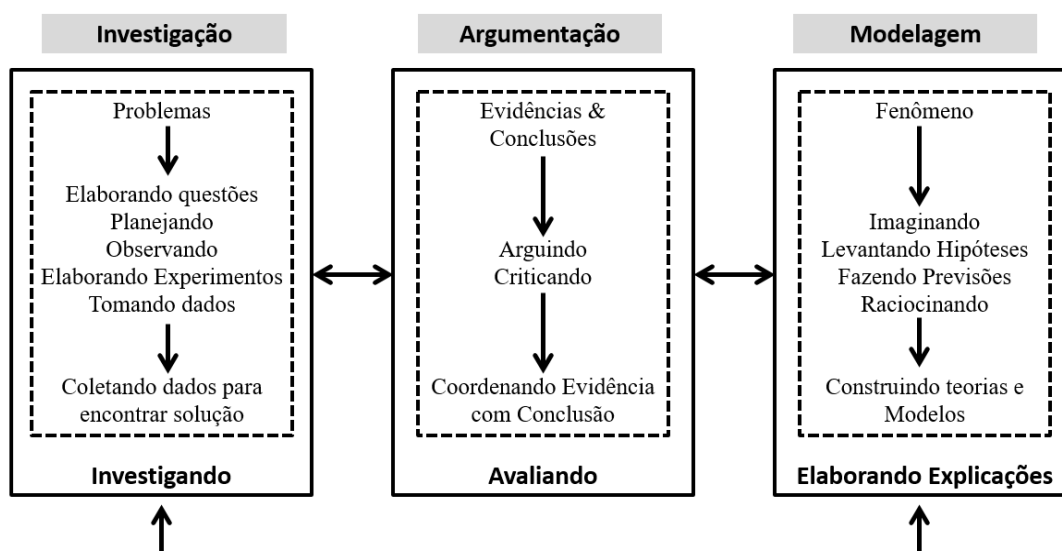
Quadro 13 - Síntese de Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) das práticas científicas do PISA (2005).

Investigar:	O que envolve fazer perguntas, identificar problemas, planejar e realizar investigações, ou analisar e interpretar dados.
Desenvolvimento de explicações:	O que envolve apresentar hipóteses, interpretar fenômenos, formular previsões ou construir teorias e modelos.
Avaliação:	O que envolve selecionar evidências adequadas, comparar explicações alternativas e criticá-las, além de construir argumentos a partir de evidências.

Fonte: Adaptado de Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017).

Os autores Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) apresentam, no quadro abaixo, uma possibilidade de mesclar as três competências científicas propostas na estrutura do PISA (2015) com as três esferas de conhecimento do NRC (2012).

Quadro 14 - Associação dos três domínios ou esferas de NRC (2012) com as três competências científicas do esquema do PISA (2015), segundo Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017)



Fonte: Tradução nossa de Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017).

O PISA (2015), cujo foco foi ciências, trouxe competências gerais e específicas esperadas para o letramento científico (termo que neste trabalho é substituído por Alfabetização Científica – AC). O exercício de acomodação das competências gerais e específicas do PISA para compor a ferramenta de análise requereu aqui um ajuste, correspondência e adaptação mais complexos. Por isso, nesse caso em particular, foi necessário apresentar argumentos que justificassem a incorporação do PISA para compor a Lista inicial e referencial de PE a partir da qual a ferramenta de análise foi desenvolvida. Por acomodação, queremos dizer o processo de ajuste e modificação, quer seja das PE, quer seja das competências gerais e específicas (PISA, 2015), necessário para compor uma ferramenta única de análise para os dados empíricos. Antes de discorrer sobre como se deu essa acomodação, entretanto, é necessário apresentar argumentos que a validem, e isso é feito a seguir.

No PISA (2015) encontra-se a seguinte afirmação:

O letramento científico requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da ciência, mas também o dos procedimentos e práticas comuns associados à investigação científica e de como eles possibilitam o avanço da ciência.

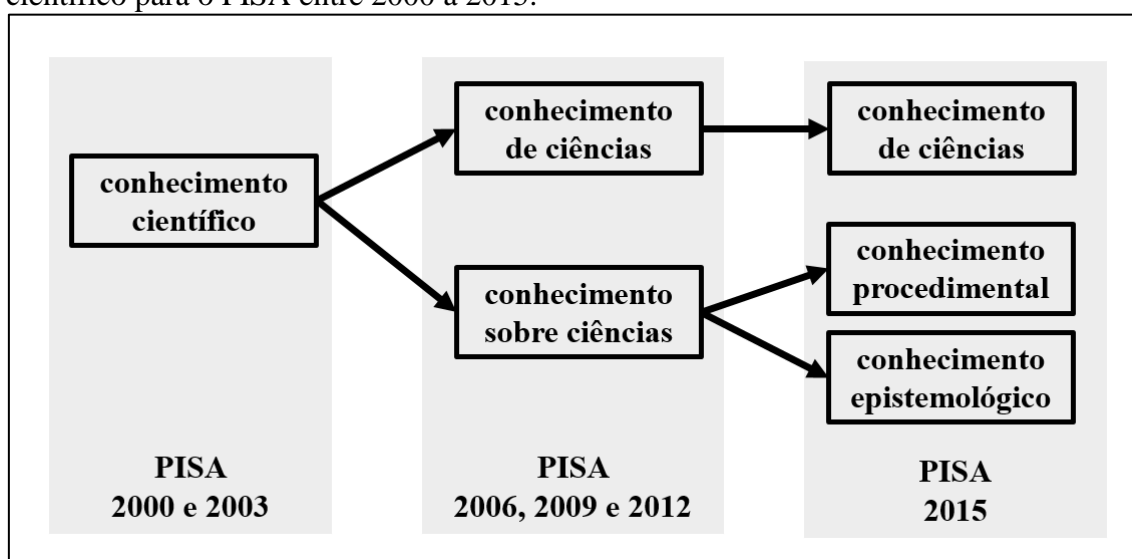
PISA (2015)

Ao afirmar que *“O letramento científico requer conhecimento de (...) procedimentos e práticas comuns associados à investigação científica”* o PISA (2015) está dizendo que os propósitos da educação na ciência passam pela compreensão da forma como o conhecimento científico é construído -- ou seja, está dizendo que a educação em ciências deve promover as PE. Vivenciar investigações com engajamento em PECEs parece ser condição importante, mas não garante que haverá aprendizado de como se dá a construção do conhecimento científico.

Isso também se expressa quando o texto do PISA (2015) faz um resgate histórico das competências avaliadas e mostra que nos ciclos de 2000 e 2003 o letramento científico foi descrito como *“a capacidade de usar o conhecimento científico para identificar questões e tirar conclusões baseadas em evidências, a fim de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças feitas a ele por meio da atividade humana”*. Já no ciclo de 2006, mantido em 2009 e 2012, o termo *“conhecimento científico”* foi desdobrado em dois: *“conhecimento de ciências”* e *“conhecimento sobre*

ciências”. Em 2015, “conhecimento sobre ciências” foi novamente dividido: “conhecimento procedimental” e “conhecimento epistemológico”. Logo, quando a matriz de competências do PISA 2015 prescreve que os propósitos da educação em ciência incluem aprender o “conhecimento científico” entendemos que há uma correspondência ou reciprocidade com a ideia de usar as PE para a promoção da Alfabetização Científica (AC). Ou seja: trabalhar a forma como o conhecimento científico é “*produzido/proposto, comunicado, avaliado e legitimado*”.

Figura 18 - Figura ilustrativa das modificações na descrição do significado de letramento científico para o PISA entre 2000 a 2015.



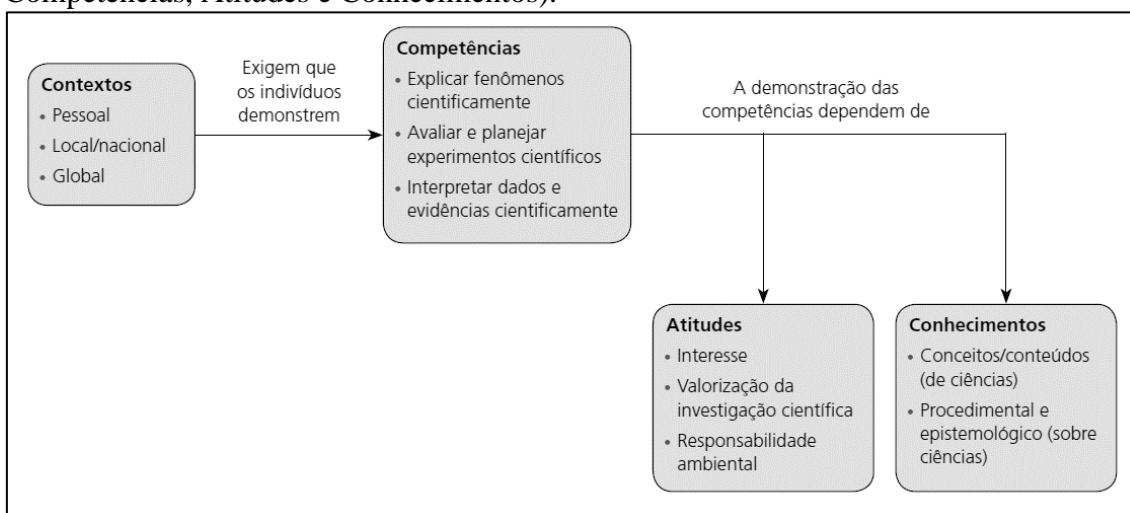
Fonte: Elaborada pelo autor a partir do PISA (2015).

Podemos argumentar também que a concatenação das PE com os propósitos do PISA (2015), para compor a ferramenta de análise das produções escritas dos estudantes após vivenciar a SEI “*O Mundo Microscópico*”, é possível e razoável – uma vez que, além dos motivos acima elencados, o PISA tem como norte a Alfabetização Científica (ou letramento científico) e valoriza particularmente o eixo estruturante que trata da Natureza da Ciência (NdC). Ou seja: defende a importância de se ensinar não apenas conceitos e teorias da ciência, mas os procedimentos e práticas comuns associados à investigação científica e de como eles possibilitam seu avanço.

O quadro abaixo foi retirado da tradução da matriz de referência de ciências do PISA (2015), encontrado na versão original em inglês nos documentos oficiais da

OCDE*³⁵. Este quadro mostra as três competências gerais requeridas para o letramento científico e como estas estão inter-relacionados com as outras três componentes (ou dimensões) do letramento científico:

Quadro 15 - Competências Gerais do PISA 2015 e suas inter-relações com quatro diferentes componentes ou dimensões do letramento científico (Contextos, Competências, Atitudes e Conhecimentos).



Fonte: OCDE (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*.

Quadro 16 - Competências gerais e específicas requeridas para o letramento científico segundo o PISA (2015).

Competências Gerais	Descrição das competências Gerais	Competências específicas
Explicar fenômenos cientificamente	reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos, demonstrando capacidade de:	- Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado; - Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações; - Fazer e justificar previsões apropriadas; - Oferecer hipóteses explicativas; - Explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade.
Avaliar e planejar experimentos científicos	descrever e avaliar investigações científicas e propor meios para responder cientificamente a questões,	- Identificar a questão explorada em um dado estudo científico; - Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente; - Propor formas de explorar cientificamente uma dada questão;

³⁵ *OCDE (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*.

	demonstrando capacidade de:	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão; - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações.
Interpretar dados e evidências cientificamente	analisar e avaliar dados, suposições e argumentos em representações variadas e tecer conclusões científicas apropriadas ao contexto, demonstrando capacidade de:	<ul style="list-style-type: none"> - Transformar dados de uma representação para outra; - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas; - Identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências; - Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações; - Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas).

Fonte: Adaptado da OCDE (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy* (apud, INEP, MEC. Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros/OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.).

Apresentamos a seguir argumentos para justificar o uso também do NRC (2012) como referencial para compor a lista inicial de PECEs. O National Research Council (NRC) americano produziu em 2012 um documento denominado “*Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*” (Diretrizes para a educação em ciências do ensino fundamental e médio: práticas, conceitos transversais e ideias centrais – nossa tradução), concebido para servir de guia prático para professores(as), profissionais desenvolvedores(as), administradores(as) e outros(as) que desejam responder ao apelo das novas normativas nacionais americanas (que pressupõem maior ênfase no ensino de ciências por investigação). O termo investigação é usado de duas maneiras diferentes nas diretrizes do NRC: (1) Primeiro, refere-se “... às habilidades que os estudantes devem desenvolver para projetar e conduzir investigações científicas e para os entendimentos que devem obter sobre a natureza da investigação científica” (tradução nossa do original). Em (2) segundo lugar, “... às estratégias de ensino e aprendizagem que permitem que os conceitos científicos sejam dominados por meio de investigações” (tradução nossa do original).

O documento do NRC (2012) recomenda que a educação científica seja construída em torno de três dimensões principais: (1) *Scientific and engineering practices* (Práticas científicas e de engenharia); (2) *Crosscutting concepts that unify the study of science and*

engineering through their common application across fields (Conceitos transversais que unificam o estudo da ciência e engenharia por meio de sua aplicação comum em vários campos); (3) *Core ideas in four disciplinary areas: physical sciences; life sciences; Earth and space sciences; and engineering, technology, and applications of Science* (Ideias ou conceitos fundamentais em quatro áreas disciplinares: ciências físicas; ciências da vida; ciências da terra e do espaço; e engenharia, tecnologia e aplicações da ciência. Acreditamos que a dimensão 1 (Práticas científicas e de engenharia) recomendada para a educação científica pelo documento do NRC (2012) seja equivalente epistemologicamente ao que se convencionou chamar de Práticas Epistêmicas (PE) por diversos autores (KELLY e LICONA, 2018; GEROLIN, 2017; CRUJEIRAS-PEREZ e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNANDEZ-LÓPEZ, 2010; ARAÚJO, 2008; KELLY, 2008; SILVA, 2008).

Essa semelhança epistemológica começa a ser delineada quando autores como os supracitados tratam das PE como algo em que espera-se que os estudantes se engajem, e o mesmo diz o documento do NRC (2012) sobre as Práticas científicas. O próprio documento evidencia a opção pelo termo “práticas” em vez de “habilidades”, afirmando que esta escolha serve para enfatizar que o envolvimento na investigação científica requer não apenas habilidade, mas também conhecimento específico para cada prática.

Outro ponto para justificar a confluência de sentidos entre as PE e as “Práticas científicas” do supracitado documento do NRC (2012) aparece quando o último diz que o ensino de ciências deveria tratar, além dos conteúdos conceituais, “... *das práticas que os estudantes devem desenvolver para projetar e conduzir investigações científicas e dos entendimentos que devem obter sobre a natureza da investigação científica*”. Entendemos que isso significa, apenas redigido de forma diferente, que o NRC (2012) está afirmando que numa educação em ciências, que tenha o processo de Alfabetização Científica (AC) como norte, deve-se considerar a aprendizagem das formas como a ciência trabalha – o que pode ser promovido pelo engajamento dos estudantes em práticas da cultura científica, chamadas de “práticas científicas” no NRC (2012) e de Práticas Epistêmicas (PE) na literatura especializada do ensino de Ciências (KELLY e LICONA, 2018; GEROLIN, 2017; CRUJEIRAS-PEREZ e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2017; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010; ARAÚJO, 2008; KELLY, 2008; SILVA, 2008).

Essa possibilidade de concatenação das práticas científicas propostas pelo NRC (2012) para compor a lista inicial de Práticas Epistêmicas se fortalece também quando este documento afirma que:

(1) A Ciência não é apenas um corpo de conhecimento que reflete a compreensão atual do mundo; é também um conjunto de práticas usadas para estabelecer, estender e refinar esse conhecimento.

e

(2) A Ciência é essencialmente uma empreitada social, e o conhecimento científico avança através da colaboração e no contexto de um sistema social com normas próprias bem desenvolvidas.

(Tradução nossa)

Podemos entender que, na afirmação 1 do NRC (2012), “*estabelecer*” o conhecimento científico seria uma forma diferente de dizer “*produzir/propor*” conhecimento científico; “*estender*” equivaleria a “*comunicar*” e “*refinar*” se equipararia a “*avaliar*”.

A afirmação 2 do NRC (2012) está de acordo com a concepção presente nos trabalhos sobre PE, que preconizam um ensino de ciências no qual os estudantes devem compreender que o conhecimento científico é construído de maneira coletiva, propiciando assim uma aprendizagem adicional sobre o aspecto social da Natureza das Ciências.

O NRC (2012) afirma que:

O engajamento nas práticas da ciência ajuda os alunos a entender como o conhecimento científico se desenvolve; esse envolvimento direto lhes dá uma compreensão da ampla gama de abordagens que são usadas para investigar, modelar e explicar o mundo.

Tradução nossa

No quadro abaixo estão as oito Práticas científicas propostas no documento do NRC (2012). Kelly e Licon (2018) também se basearam na ciência praticada profissionalmente para comporem seus exemplos de PE a serem promovidas no ensino de Ciências.

Quadro 17 - As oito práticas científicas propostas pelo NRC (2012).

Práticas científicas propostas pelo NRC (2012)	
Elaboração de perguntas e definição de problemas.	Uso da matemática e do pensamento computacional.
Desenvolvimento e utilização de modelos.	Construção de explicações.
Planejamento e realização de investigações.	Engajamento em argumentos baseados em evidências.
Análise e interpretação de dados.	Obtenção, avaliação e comunicação de informações.

Fonte: Tradução nossa do NRC (2012)

Autores como Kelly e Licona (2018), Gerolin (2017), Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017) fazem uma organização em quatro grupos de PE gerais (*proposição/produção, comunicação, avaliação e legitimação* do conhecimento científico), as quais apresentam subdivisões em PE mais específicas. Araújo (2008), Kelly (2008), Silva (2008) e Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010)³⁶ consideravam as mesmas três primeiras PE gerais, apenas não consideravam a *legitimação*, e as PE específicas também contidas nas três mais abrangentes. Diante desses referenciais teóricos optamos por considerar e organizar nossa ferramenta de análise com as quatro PE gerais (*proposição/produção, comunicação, avaliação e legitimação*), já que os trabalhos mais antigos (2008) consideravam as três primeiras PE e os trabalhos mais recentes reconhecem as três PE, mas adicionam a prática de legitimação.

Todas as PE, mais as práticas científicas do NRC (2012), e as competências gerais e específicas esperadas para o letramento científico do PISA (2015) foram compiladas em um grande quadro alocado nos apêndices (APÊNDICE I).

5.3. Etapa 3: Agrupamento das PE dos trabalhos de referência com redações unificadoras e rubricas

A terceira etapa para a construção dessa ferramenta consistiu em submeter a Lista 1 com o compilado das PE para os membros do GEPEB (Grupo de Estudos e Pesquisa no Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP,

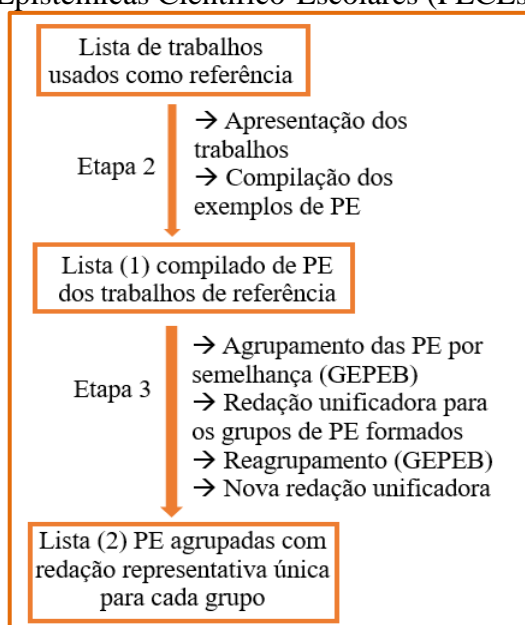
³⁶ Mesmo usando a estrutura básica de Chinn e Malhotra (2002), Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) atendem, na sua caracterização, a proposta de Kelly (2008), que considera os três tipos de práticas epistêmicas gerais: produção, avaliação e comunicação do conhecimento.

sob a coordenação da Profa. Dra. Sílvia L. F. Trivelato). Os pesquisadores que compunham o grupo de pesquisa tiveram então que agrupar termos que, mesmo tendo formulações/redações diferentes, apresentassem significado equivalente. Feitos os agrupamentos por termos de equivalência em significado, cada agrupamento tinha então que ser colocado sob uma das “PE gerais -- Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico”.

Depois de ter os agrupamentos colocados sob o esteio de uma das “PE gerais” o autor desta tese propõe uma redação única e significativa que represente, descreva e caracterize adequadamente o agrupamento. Também foi criada uma rubrica para facilitar a identificação de cada uma delas. Dos trabalhos originais que serviram de fonte para as “PE específicas”, apenas o trabalho de Gerolin (2017) e o de Araújo (2008) continham rubricas e essas foram consultadas. A lista 2, com a primeira versão dos agrupamentos, redações unificadoras e rubricas, foi novamente submetida à apreciação do GEPEB para reagrupamentos e revisão. Todo o processo seguiu a ideia de estabelecimento de consenso, sendo que os presentes justificavam amplamente suas ponderações e apontamentos.

As sugestões, as transformações, a explicitação dos raciocínios e as justificativas conversadas na apreciação do GEPEB encontram-se de forma detalhada nos apêndices (APÊNDICE K).

Figura 19 - Etapas 1 a 3 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ullrich et al. (2012) fazem uma extensa e profícua discussão sobre a confiabilidade nas pesquisas quantitativas e qualitativas, discutindo que nessas últimas a confiabilidade se relaciona à consistência das articulações teóricas, metodológicas e empíricas propostas pelo estudo. Os autores inclusive salientam a importância de que a problematização do tema tenha um inter-relacionamento com a base teórica utilizada. Nesse trabalho, um dos objetivos foi “*Construir uma ferramenta de análise para verificar o engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) em relatórios escritos*”, e para isso foram buscadas referências que versassem explicitamente sobre Práticas Epistêmicas, e outras que, no nosso entendimento, também se inter-relacionavam com o problema de investigação. Os argumentos para validar essas inter-relações foram apresentados no capítulo anterior.

Ullrich et al. (2012) também afirmam ser necessário, para aumentar a confiabilidade de uma pesquisa qualitativa, que se aumente a consistência metodológica. Seu trabalho apresenta, inclusive, alguns procedimentos para verificação da validade em estudos de natureza qualitativa. Os autores afirmam que “*o envolvimento prolongado e uma observação persistente no campo*” são duas das estratégias para aumentar a credibilidade e, conseqüentemente, a confiabilidade da pesquisa qualitativa. Em relação a essa ponderação de Ullrich et al. (2012) para aumentar a confiabilidade de pesquisas qualitativas, a estratégia adotada nessa tese foi de participar ou acompanhar a experientiação da SEI intitulada “*O Mundo Microscópico*”, da qual derivam os dados empíricos em todos os seus momentos. Os dados empíricos consistiram nas produções escrita dos estudantes.

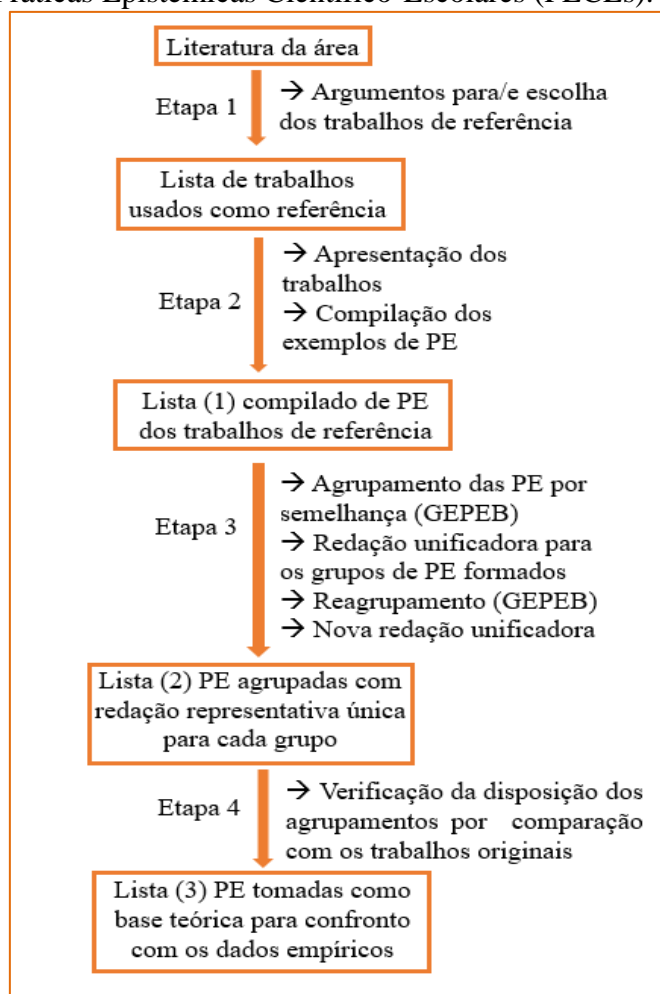
Entendemos que outras das “*Técnicas utilizadas para verificar a validade em estudos qualitativos.*” propostas por Ullrich et al. (2012) também foram contempladas neste estudo. Seguem alguns exemplos: “*Verificação por experts*”, aqui na figura dos integrantes do GEPEB. A “*Geração dos dados*” também foi pensada em estreita relação com as teorias usadas para construir a SEI, e com os trabalhos tomados para construção da ferramenta de análise. O “*Fornecer transcrição literal*” também foi contemplado, já que a os relatórios de investigação que constituíram os dados empíricos de análise são apresentados *ipsis litteris*.

5.4 Etapa 4: Verificação da lista 2 de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) com os trabalhos de referência sobre PE em relação à sua disposição sob as “PE Gerais” -- Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico.

Comparou-se a vinculação que as práticas epistêmicas específicas tinham com as PE Gerais nos trabalhos originais que serviram de referência com a vinculação estabelecida pelo grupo. Alguns dos trabalhos já distribuíam as PE sob uma das “PE Gerais” -- Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico. Na lista 2 as PE originais, mais as práticas científicas do NRC (2012) e as competências gerais e específicas esperadas para o letramento científico do PISA (2015) foram agrupadas e distribuídas sob uma das “PE gerais”, conforme os integrantes do GEPEB consideraram pertinente.

O processo de verificação consistiu em comparar a proposta de distribuição das PECEs com a distribuição original das PE. Vale lembrar que nem todos os trabalhos apresentam essa distribuição. Os trabalhos que o fazem são: Kelly e Licona (2018) (KL18), Araújo (2008) (A08), Gerolin (2017) (Elo17), Jiménez-Aleixandre et al. (2008) (J08) e Silva, (2008) (Ad08). Os detalhes desse raciocínio estão nos apêndices (APÊNDICE L).

Figura 20 - Etapas 1 a 4 do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).



Fonte: Elaborada pelo autor.

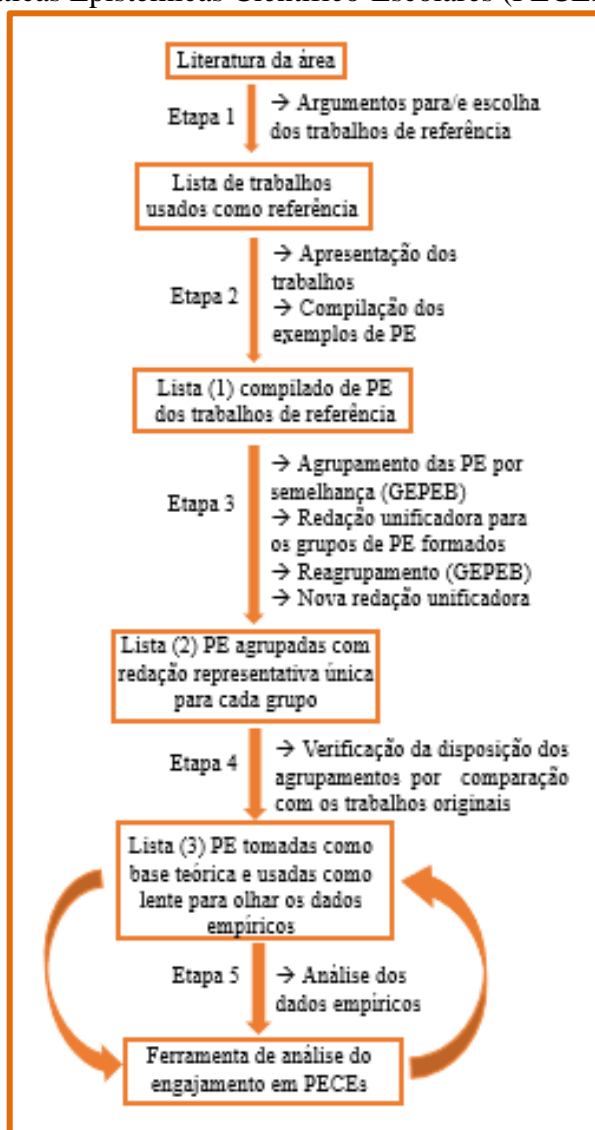
5.5. Etapa 5: Usando a Lista 3 como uma lente para olhar os dados empíricos e construir a ferramenta de análise do engajamento em PECEs.

Segundo Ullrich et al. (2012), outra forma para aumentar a confiabilidade de uma pesquisa qualitativa é fazer um processo iterativo entre o pesquisador e os dados coletados, o que eleva sua confiabilidade pois os fatos são revisitados e reinterpretados de forma sistemática, sempre confrontados com a literatura. Para se adequar a esse critério, os dados empíricos (produções dos estudantes após vivenciarem a SEI) foram analisados partindo-se da terceira lista de PE (Lista 3).

A quinta etapa da construção da ferramenta de análise consistiu em empregar a lista 3 como uma lente para olhar com os dados empíricos, modificando-a num processo de ir e vir do construto teórico aos dados empíricos. A lista 3 foi, então, sendo transformada

até constituir a ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), com proposta de redação unificadora e rubrica.

Figura 21 - Estrutura ilustrativa do processo de construção de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs)



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.6 Apresentação da ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) com proposta de redação unificadora e rubrica.

A ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), com proposta de redação unificadora e rubrica correspondente, consiste num produto das etapas anteriores que tiveram natureza teórica. Dessa forma, essa ferramenta inicial constitui um resultado desta tese, visto que sua construção é

teórica. Acreditamos que esta lista tem valor intrínseco, já que poderia ser usada como ponto de partida para trabalhos de outros pesquisadores em outros contextos. Sua função, aqui, foi de servir de base para a análise das PECEs encontradas nos dados empíricos.

Como apresentado no começo deste tópico as PECEs são dependentes do contexto, derivadas de uma incontável variedade de práticas científicas, mas parece haver um início de delineamento, ou consenso, de que há práticas amplas e gerais (Proposição, Comunicação, Avaliação e Legitimação do conhecimento). Assim, o presente trabalho pretende buscar dentro dessas práticas gerais as PECEs produzidas pelos(as) estudantes durante a vivência na SEI “*O Mundo Microscópico*”.

Quadro 18 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Proposição/Produção do conhecimento científico.

PE geral de Produção/Proposição do Conhecimento Científico		
	“Práticas Epistêmicas Específicas” que formaram cada agrupamento	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (P01)	1. Problematizar (A08)	Elaborar questões científicas (Elo17)
	Elaboração de perguntas e definição de problemas (NRC)	Planejar experimentos científicos
	Propor/formular questões científicas (KL-18)	Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente (PISA)
	6. Desenvolvendo teorias 6.4 Estudantes fazem previsões e sugerem novas questões emergentes (JFL10)	1. Produzindo perguntas de pesquisa 1.1 Os alunos produzem suas próprias perguntas de pesquisa/investigação (JFL10)
Agrupamento (P02)	3. Planejar investigação (A08)	Planejamento de investigações (NRC)
	Planejar investigações científicas para responder a perguntas (KL-18)	Planejar investigações científicas para responder questões (Elo17)
	Planejar experimentos científicos Propor formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	Articulação dos próprios saberes Usando conceitos para planejar ações (por exemplo no laboratório) (Ad08)
		Proposição/Seleção de Problema Científico (P01) Os envolvidos propõem o problema, redigem, explicitam ou conversam sobre o que pretendem investigar, sobre os objetivos ou as questões de investigação. A retomada de um problema anteriormente proposto também identifica esta PECE. Por fim, a seleção ou triagem de questões possíveis de serem respondidas cientificamente também pode identificar esta PECE
		Planejamento de Investigação Científica (P02) Os envolvidos planejam a investigação, traçam estratégias, são discutidos instrumentos, procedimentos, etapas e tarefas a serem desenvolvidas na investigação. Isso pode

	3 Projetando/ planejando investigações 3.1 Alunos propõem e planejam procedimentos para abordar a questão (JFL10)	Articular o próprio conhecimento Usar conceitos para planejar ações (p.e. no laboratório) (J08)	incluir divisão de tarefas, tópicos a serem pesquisados, lista de materiais, seleção de variáveis, escolha de controles e até resultados esperados, formas de coletar e registrar os dados e transformá-los em evidências
	3 Projetando/planejando investigações 3.2 Os alunos decidem e selecionam as variáveis a investigar e como medi-las (JFL10)	3 Projetando/planejando investigações 3.3 Alunos selecionam mais de uma variável (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações 3.4 Os alunos definem quais devem ser os controles e como configurá-los (JFL10)	Planejar experimentos científicos Descrever os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	
	3 Projetando/planejando investigações 3.5 Alunos realizam um estudo piloto (JFL10)		
Agrupamento (P03)	Articular o próprio conhecimento Realizar investigações (J08)	Articulação dos próprios saberes Performando investigações (Ad08)	Realização de Investigação Científica (P03) Os envolvidos realizam/performam a investigação. São as ações realizadas para obtenção dos dados. Aqui pode tratar-se da realização de experimentos, entrevistas, saídas de campo por exemplo. A natureza dessas ações é dependente dos objetivos das investigações e dos dados/evidências necessários para obtenção de respostas.
	Articular o próprio conhecimento Usar conceitos para executar ações (p.e. no laboratório) (J08)	4 Fazendo observações 4.1 Os alunos fazem observações, coletam dados, abordam o viés do observador (JFL10)	
	Articulação dos próprios saberes -- Monitorando o progresso (Ad08)	4 Fazendo observações 4.2 Alunos selecionam e analisam dados (JFL10)	
	Articular o próprio conhecimento Monitorar o progresso (J08)	Articulação dos próprios saberes Usando conceitos para performar ações (por exemplo no laboratório) (Ad08)	
	Realização de investigações		
Agrupamento (P04)	Construir dados (Elo17)	4. Construir dados (A08)	Construção de Dados (P04) Os envolvidos constroem dados ou recorrem a dados. Isso pode incluir performar ações como: fazer observações empíricas, contar, medir, amostrar, desenhar, entrevistar, comparar, fazer análise estatística, usar instrumentos tecnológicos/científicos (microscópio, lupa) etc
	Considerar diferentes fontes de dados (J08)	8. Considerar diferentes fontes de dados (A08)	
	Construindo dados (Ad08)	Construir dados (J08)	
	Fazer observações (KL-18)	Fazer observações (Elo17)	
	4 Fazendo observações (JFL10)	Obtenção de informações (NRC)	
	Considerando diferentes fontes de dados (Ad08)		

Agrupamento (P05)	Análise e interpretação de dados (NRC)	Interpretar dados e evidências cientificamente Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA)	Construção de Evidências (P05) Os envolvidos constroem evidências. A construção de evidências se dá quando os dados são transformados em evidências ³⁷ . Isso pode se dar quando os envolvidos estão: classificando, interpretando, e /ou analisando os dados; dando sentidos a padrões de dados; discutindo e definindo o que, e quais dados contam, devem ser considerados, para obtenção de respostas à investigação.
	5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08)		
	Dando sentido aos padrões de dados (Ad08)		
	Dar sentido aos padrões nos dados e (J08)	5. Classificar (A08)	
	Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08)	Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08)	
	Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17)	Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18)	
Agrupamento (P06)	2. Elaborar hipóteses (A08)	Fazer e justificar previsões apropriadas (PISA)	Elaboração de Hipóteses (P06) Os envolvidos elaboram hipóteses, que correspondem às alternativas de respostas ao problema ou questão proposta. Isso pode ocorrer em relação às questões de investigação, ao resultado de um experimento ou etapa experimental específica, ou ser uma conjectura a partir da conclusão ou em relação a outro contexto experimental
		Oferecer hipóteses explicativas (PISA)	
Agrupamento (P07)	Construir e refinar modelos (Elo17)	Desenvolvimento e utilização de modelos (NRC)	Construção e/ou uso de Modelos (P07) Os envolvidos elaboram e/ou utilizam modelos representativos de processos ou fenômenos. Esses não se referem a um fenômeno, processo ou objeto específico, mas à classe desses fenômenos, processos ou objetos. Isso pode ocorrer com o uso de matemática, pensamento computacional ou outra forma
	Construir e refinar modelos (KL-18)	Uso da matemática e do pensamento computacional (NRC)	
	8. Generalizar (A08)	Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações (PISA)	

³⁷ A valorização das evidências como entidades distintas dos dados, como prática epistêmica a ser valorizada, foi baseada no *continuum* evidência-explicação de Kelly e Duschl (2002, p. 51).

Quadro 19 – Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Comunicação do conhecimento científico.

Comunicação do Conhecimento Científico			
	“Práticas Epistêmicas Específicas” que formaram cada agrupamento	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica	
Agrupamento (C01)	Produzir relatórios e outros textos que circulam na sala de aula Escrever textos em diferentes linguagens científicas (J08)	Produzir relações Aprendendo a escrever no gênero informativo (Ad08) Escrever um relatório científico (Elo17)	Produção de Relatório Científico (C01) Os envolvidos produzem relatórios científicos por escrito. O relatório deve conter Introdução, Metodologia, Resultados e Discussão ³⁸ . Essas partes essenciais não precisam estar assim nomeadas, mas devem estar presentes. Outras das partes canônicas (Introdução, Hipótese, Objetivo, Metodologia, Resultados, Análise/Interpretação, Conclusão e Referências) podem não estar presentes, ou estarem incompletas ou misturadas. A intenção de relatar a investigação por escrito é mais importante que a exatidão no uso e composição de suas partes canônicas
	Escrever relatório de laboratório (KL18)	7 Comunicar resultados e processo	
	Comunicação de informações (NRC)	7.1 Alunos escrevem relatórios de pesquisa/investigação (JFL10)	
Agrupamento (C02)	4. Explicar (A08)	Construção de explicações (NRC)	Comunicação de Explicação Científica (C02) Os envolvidos comunicam uma explicação científica para um dado fenômeno. As explicações se apresentam como tentativas de formulação de relações causais ou de atribuição de coerência a uma alegação. Para isso pode e devem ser trazidas evidências (preferencialmente com identificação de padrões), e conhecimento científico apropriado, ambos articulados por raciocínio coerente. As cadeias de
	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínios (Elo17)	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínio (KL18)	
	5 Explicando os resultados (JFL10)	Construir uma explicação científica (Elo17)	
	Comunicar verbalmente uma explicação científica (KL18)	Comunicar verbalmente uma explicação científica (Elo17)	
	7 Comunicar resultados e processo 7.2 Os alunos comunicam seus resultados a outras pessoas na escola ou fora dela (JFL10)	Explicar fenômenos cientificamente Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)	
6 Desenvolvendo teorias	5 Explicando os resultados		

³⁸ Gunther (2003) considera essas partes essenciais na consideração do que constitui um relato de investigação científica.

	6.1 Os alunos desenvolvem explicações ou interpretações que podem envolver entidades não observáveis (JFL10)	5.4 Os alunos relacionam as observações à questão de pesquisa/investigação por meio de cadeias de inferência que podem ser indiretas (JFL10)	inferência podem inclusive ser indiretas. Podem ser usadas analogias e metáforas. A explicitação de uma conclusão e as informações que levaram a ela, com estabelecimento de relação causal, ou correlação, são suficientes para caracterizar uma explicação científica. Podem ser usadas analogias e metáforas Nas Explicações o fenômeno ou fato a ser explicado não está sob dúvida, são os elementos que levaram a esse fenômeno que podem ser contestados: o fenômeno é mais plausível que os elementos apontados como responsáveis por este fenômeno ³⁹ .
	Descrever os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Escrever uma explicação científica (KL18)	
	2. Narrar (A08)	5 Explicando os resultados 5.3 Alunos identificam padrões (JFL10) 12. Usar analogias e metáforas (A08)	
	Explicar fenômenos cientificamente Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)	7. Definir (A08) 9. Checar entendimento (A08)	
Agrupamento (C03)	Articulação dos próprios saberes Articulando conhecimento técnico e conceitual (Ad08)	Articular o próprio conhecimento Articular conhecimento técnico e conceitual (J08)	Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento (C03)
	6. Articular conhecimento observacional e conceitual (A08)	Articulação dos próprios saberes Construindo significados (Ad08)	Os estudantes articulam conhecimentos, que pode ter diferentes naturezas (podendo ser dados ou evidências empíricas, conceituais ou teóricas), com teorias para justificar conclusões que são para eles conhecimento científico novo. As articulações precisam ser explícitas. Aqui é importante analisar se o argumento está tendo a função de comunicar o conhecimento científico (PE de Comunicação) ou de avaliação (PE de Avaliação)
	Articular o próprio conhecimento Construir significados (J08)	Desenvolver um raciocínio científico (Elo17) 10. Concluir (A08)	
	Desenvolver uma linha de raciocínio científico (KL18)	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Usar conceitos para interpretar dados (J08)	
	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Usando conceitos para interpretação dos dados (Ad08)	5 Explicando os resultados 5.2 Alunos identificam falhas, levam em consideração dados anômalos (JFL10)	
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade) Usando conceitos para configurar anomalias (Ad08)	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) Usar conceitos para categorizar dados anômalos (J08)	

³⁹ De acordo com Del-Corso e Trivelato (2017)

	7. Lidar com situação anômala ou problemática (A08)	6 Desenvolvendo teorias 6.3 Alunos tiram conclusões dos dados (JFL10)	
	Lidar com problemas e situações anômalas (Elo17)	6 Desenvolvendo teorias 6.2 Alunos consideram explicações alternativas, abordam dados conflitantes (JFL10)	
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias (A08)		
	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Recorrer a outros conhecimentos para consistência dos dados (J08)	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Recorrendo à consistência com outros conhecimentos (Ad08)	
Agrupamento (C03)	Construir inscrições literárias (Elo17)	Utilizar inscrições literárias (Elo17)	Construção de Inscrições Literárias (C04) Os envolvidos constroem inscrições literárias. Isso se dá quando os dados ou evidências são transformados em uma representação, ou de uma representação para outra (ex: desenhos, mapas, diagramas, textos, registros feitos por instrumentos como fotos, vídeos, gravações, formulações matemáticas e modelos físicos) ⁴⁰ . Qualquer mudança do formato de uma linguagem para outra constitui a construção de uma inscrição literária. As inscrições literárias podem ter não somente a função de Comunicação do conhecimento científico, como podem ter função na sua Produção/Proposição. Por exemplo, quando é através da construção de uma inscrição literária que os dados são transformados em evidências, ou são estabelecidos padrões para os dados que desta forma permitem responder aos objetivos de uma investigação
	11. Usar linguagem representacional (A08)	Interpretar e construir as representações Transformando dados (Ad08)	
	Interpretar dados e evidências cientificamente Transformar dados de uma representação para outra (PISA)	Interpretar e construir as representações Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (Ad08)	
	Interpretar e construir inscrições Relacionar diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (J08)	Interpretar e construir inscrições Transformar dados em diferentes formatos (J08)	

⁴⁰ Lehrer, Schauble e Petrosino (2001)

Agrupamento (C05)	3. Descrever (A08)		<p>Descrição (C05) Os envolvidos <i>descrevem as características, configurações espaciais de um evento ou objeto. Este tipo de texto envolve enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes</i>⁴¹(A08)</p>
Agrupamento (C06)	6. Exemplificar (A08)		<p>Exemplificação (C06) Os envolvidos apresentam exemplos ou seja, estão “<i>Usando instâncias particulares para sustentar uma ideia mais geral. A exemplificação pode comportar vários tipos de texto diferentes (uma descrição, uma classificação, uma narração e uma explicação), mas apresentadas com o objetivo de exemplificar algo.</i>”⁴</p>

Quadro 20 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Avaliação do conhecimento científico.

Avaliação do Conhecimento Científico		
	“Práticas Epistêmicas Específicas” que formaram cada agrupamento	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (A01)	Avaliação de informações (NRC)	4. Usar dados para avaliar (A08)
Agrupamento (A01)	Coordenar teoria e evidência: argumentação Usar dados para avaliar teorias (J08)	Coordenar teoria e evidência: argumentação Usando dados para avaliação de teorias (Ad08)
		<p>Avaliação dos Dados/informações (A01) Os envolvidos avaliam as teorias, conclusões ou afirmações colocando <i>sub judice</i> os dados/informações que serviram para embasá-las. Os envolvidos avaliam a consistência dos dados. É</p>

⁴¹ Os trechos em *itálico* e entre aspas foram transcritos de Araújo (2008).

	Interpretar dados cientificamente Avaliar argumentos científicos de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)	5. Avaliar a consistência dos dados (A08)	importante verificar, através do contexto, se os dados não foram transformados em evidências, já que dados e evidências são considerados entidades diferentes.
Agrupamento (A02)	Interpretar evidências Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações (PISA)	Interpretar evidências cientificamente Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)	Avaliação das Evidências (A02) Os envolvidos avaliam as teorias, conclusões ou afirmações colocando <i>sub judice</i> as evidências que serviram para embasá-las. Os envolvidos avaliam as consistência das evidências e/ou a consistência da transformação dos dados em evidências. O engajamento em argumentação e/ou produção de argumentos também é indício dessa prática, salientando que deve-se ajuizar se são as evidências que estão <i>sub judice</i>
	Coordenar teoria e evidência: argumentação Distinguir conclusões de evidências (J08)	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Distinguindo conclusões de evidências (Ad08)	
	Engajamento em argumentos baseados em evidências (NRC)	Avaliar os méritos de uma evidência, ou inscrição literária (Elo17)	
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) Justificando as próprias conclusões (Ad08)	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) Criticando conclusões de outros (Ad08)	
	Avaliar méritos de uma evidência (KL18)		
Agrupamento (A03)	Avaliar uma linha de raciocínio científico (KL18)	Avaliar uma linha de raciocínio científico (Elo17)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03) Os envolvidos avaliam as linhas de raciocínio científico. Isso pode incluir fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de um raciocínio científico. Em relação aos elementos do TAP (argumento) significa colocar <i>sub judice</i> Apoios (A), Garantias (G) ou Justificativa (J) ⁴² .
	Avaliar méritos de uma afirmação científica (KL18)	Avaliar os méritos de uma afirmação (Elo17)	
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) Justificando as próprias conclusões (Ad08)	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) Justificar suas próprias conclusões (J08)	

⁴² O elemento Justificativa (J) não existe no TAP original de Toulmin (2006), mas está presente quando o *layout* estiver adaptado segundo a proposição de Erduran et al. (2004).

Agrupamento (A04)	1. Argumentar (A08)	3. Criticar outras declarações (A08) Persuadir os outros membros da comunidade Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave (Ad08)	Argumentação (A04) Os envolvidos se engajam em argumentação, tentam persuadir outros, contrapondo e criticando declarações e ideias alheias. Este agrupamento foi criado para quando não for possível identificar o que está sendo colocado <i>sub judice</i> ou se a crítica for genérica ou não fundamentada, não estiver apontando nenhum alvo ou elemento
	2. Contrapor ideias (A08)		
	Persuadir os membros da comunidade Apresentar suas próprias ideias e enfatizar pontos-chaves (J08)		
	1. Complementar ideias (A08)		
Agrupamento (A05)	Avaliar uma explicação científica (Elo17)	Avaliar explicação científica (KL18)	Avaliação de Explicação Científica (A05) Os envolvidos avaliam explicações científicas. Isso pode incluir fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade da afirmação, evidência, ou teoria que fundamenta uma explicação ⁴³
	Avaliar os méritos de uma explicação (Elo17)	Considerar explicações alternativas (Elo17)	
	Avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Persuadir os outros membros da comunidade Negociando explicações (Ad08)	
		Persuadir os membros da comunidade Negociar explicações (J08)	
Considerar explicações alternativas (KL18)	10. Negociar explicações (A08)		
Agrupamento (A06)	Avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Avaliar experimentos científicos Identificar a questão explorada em um dado estudo científico (PISA)	Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06) Os envolvidos avaliam as questões, ou metodologias, de investigações ou suas propostas
		Avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	
	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação 2.1 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação sobre outros assuntos (JFL10)	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação 2.2 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação e informações sobre a própria questão escolhida (JFL10)	
Ag (A07)	Avaliar méritos de um modelo (KL18)	Avaliação de Modelo (A07) Os envolvidos avaliam os modelos científicos. Estes podem ser autorais ou terem sido apresentados. A capacidade explicativa e de simulação dos fenômenos representados pelo modelo entre outros elementos é que podem estar sendo colocados a prova	

⁴³ Vale destacar que para diferenciá-la de um argumento pode-se usar a proposta metodológica de Del-Corso e Trivelato (2017).

Quadro 21 - Ferramenta de Análise com as PECEs que se encaixam sob a “PE geral” de Legitimação do conhecimento científico.

Legitimação do Conhecimento Científico		
	“Práticas Epistêmicas Específicas” que formaram cada agrupamento	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (L01)	Construir consenso de grupo para explicações científicas (Elo17)	Construir consenso sobre explicações científicas (KL18)
	Construir consenso sobre a explicação que mais se aproxima das teorias preexistentes cientificamente (Elo17)	Apresentar consenso (legitimar) sobre a explicação que mais se adequam às teorias científicas pré-existentes (KL18)
	10. Negociar explicações (A08)	
Agrupamento (L02)	Reconhecer conhecimentos relevantes na comunidade epistêmica (Elo17)	Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica (KL18)
Agrupamento (L03)	Construir consenso de grupo sobre procedimentos (Elo17)	
		<p>Legitimação de Explicações (L01) Os envolvidos constroem consenso sobre as explicações que mais se adequam as teorias científicas pré-existentes. Isso significa que os envolvidos estão legitimando uma explicação, e considerando como critério para isso a melhor adequação as teorias científicas pré-existentes</p> <p>Legitimação de Conhecimentos expressos na forma de Argumentos (L02) Os envolvidos reconhecem os conhecimentos relevantes para a comunidade epistêmica, legitimam determinado conhecimento como relevante. Esta PECE (L02) se aplicaria para a legitimação de Argumentos, já que os conhecimentos podem ser comunicados por meio de Argumentos e estes são diferentes de Explicações. Isso significa que <i>“os envolvidos identificam e aceitam os procedimentos, conhecimentos e ideias que são importantes e válidos na comunidade epistêmica de práticas”</i>⁴⁴</p> <p>Legitimação de Procedimentos (L03) Os envolvidos constroem consenso sobre os procedimentos da investigação científica. Isso significa que os envolvidos têm que <i>“decidir coletivamente os procedimentos que serão adotados na investigação, na construção de dados ou ainda na construção do relatório científico e das inscrições literárias”</i>⁴⁶</p>

⁴⁴ Os trechos em *itálico* e entre aspas foram copiados *ipsis litteris* de Gerolin (2017).

Uma questão metodológica importante que se impõe, nas análises acerca de quais PECEs podem ser encontradas, é que as unidades de análise foram cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes, e esses, se forem científicos e construídos com engajamento epistêmico, constituem evidência de engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. Vale apontar que algum relatório poderia ser fruto apenas do cumprimento de uma tarefa escolar, e por isso não sinalizar o engajamento nesta PECE. Uma questão então se impõe: em havendo um relatório, a verificação de engajamento em qualquer uma das PECEs leva conseqüentemente ao raciocínio de que há engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. Imagine uma investigação de nível 1, segundo classificação de Banchi e Bell (2008) (*Confirmação da investigação: Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência*) em que quase todo o relatório de investigação foi produzido apenas como reflexo do cumprimento de uma tarefa escolar, mas no qual exista engajamento na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”. Nesta situação pode ser considerado que houve também engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. Por conta de situações como essa, ou análogas a essa, qualquer análise que receber um tratamento quantitativo deve ponderar essa característica dos dados.

O engajamento em algumas PECEs pode ser identificado pelo empenho em outras PECEs. Por exemplo, a PECE de “**Realização de Investigação Científica (P03)**”, pode ser verificada quando há marcas de engajamento dos estudantes nas PECEs de “**Construção de Dados (P04)**” e/ou “**Construção de Evidências (P05)**”. Não considerar situações como essa poderia inflar uma análise quantitativa do engajamento em PECEs. Por outro lado, considerar a construção de dados e evidências exclusivamente como identificadores da PECE de “**Realização de Investigação Científica (P03)**” causaria uma perda qualitativa de informações. Em alguns relatórios foram encontradas marcas de engajamento em ambas as PECEs, em outros apenas na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”, em outros apenas na “**Construção de Evidências (P05)**”.

O problema então se refere a como não perder informações qualitativas acerca do engajamento nas PECEs e, ao mesmo tempo, não inflar quantitativamente os resultados. Para lidar com essa questão metodológica fez-se a opção de distinguir individualmente as PECEs. A forma como essas ponderações foram feitas serão explicitadas no tópico 7.1

e 7.2, em que são apresentadas, respectivamente, as análises dissertativas e tratamentos com uma abordagem quantitativa aos resultados (PECEs encontradas nos relatórios).

6. Diferenciando Argumentos de Explicações

O objetivo desse trabalho foi analisar as produções dos estudantes, que vivenciaram a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*”, em busca de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). Dentre as PECEs, a comunicação de Explicações e Argumentos necessitou atenção especial, já que de acordo com Osborne e Patterson (2011) tanto a elaboração de Argumentos como de Explicações são Práticas Epistêmicas (PE) científicas importantes, mas de acordo com esses autores faltaria clareza na distinção entre as duas e seria necessário diferenciá-las. A falta de distinção seria uma fraqueza da área. Os autores argumentam que há uma confusão na literatura especializada, que se transporia para o ensino de ciências na consideração do que é um “Argumento” e do que é uma “Explicação”. Os trabalhos Del-Corso e Trivelato (2015 e 2017⁴⁵) (ANEXO H) apresentam uma metodologia para diferenciar Argumentos e Explicações. A proposta para diferenciar Argumentos de Explicações desenvolvida por esses autores foi aperfeiçoado nesta tese. Os trabalhos de Erduran et al. (2004) e Meyer e El-Hani (2005) foram usados para complementar a metodologia para diferenciar Argumentos de Explicações.

Del-Corso e Trivelato (2017) trazem que a base teórica da diferenciação entre Argumentos e Explicações foi baseada nos trabalhos de Osborne e Patterson (2011 e 2012), Berland e McNeill (2012), Murcho (2012) e Toulmin (2006). A diferenciação se baseia na função epistêmica: nos Argumentos a conclusão é que está em cheque, é para tentar convencer que se está argumentando. Para os autores, nos Argumentos, os elementos que levam à Conclusão (C) são mais plausíveis que a própria Conclusão (C). Já nas Explicações são os elementos que levaram a esse fenômeno que podem ser contestados: este é mais plausível que os elementos apontados como responsáveis por ele (MURCHO, 2012). As Explicações podem inclusive ser defendidas por Argumentos. Outro ponto trazido pelos autores é que quando a intenção da assertiva for convencer,

⁴⁵ O trabalho de Del-Corso e Trivelato (2017) foi desenvolvido como parte do processo de elaboração desta tese. O trabalho foi apresentado no “X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS” que ocorreu na cidade de Sevilha (Espanha) de 5 a 8 de setembro de 2017. Os trabalhos apresentados nesse congresso foram também publicados no periódico “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 4617-4622, ISSN 2174-6486”. A publicação pode ser vista na íntegra nos anexos (ANEXO H).

provavelmente ocorrerá a construção de um Argumento; já quando a intenção for tornar um fenômeno mais claro ocorrerá a construção de uma Explicação.

Os supracitados trazem ainda que:

Explicações são construídas quando se busca maior compreensão, quando se estabelece relação causal, quando se aplicam modelos, quando se estabelecem representações, quando se usam analogias, metáforas (OSBORNE; PATTERSON, 2011). As Explicações tentam elucidar o por que de algum fenômeno se proceder, sem que este fenômeno esteja em discussão, podendo ser assim identificadas. O que deve ser explicado, *a priori*, já está estabelecido -- isto é, não está em dúvida ou discussão; o que se demanda é uma Explicação para o fenômeno. Colocando simplificada, Explicações não são motivadas pela necessidade de persuadir a favor de uma conclusão, mas pelo desejo de responder à pergunta "Por que?" (OSBORNE; PATTERSON, 2011). Explicações se apresentam como tentativas de formulação de relações causais ou de atribuição de coerência a uma alegação, em comparações, ou no uso metafórico de um modelo explicativo já estabelecido para uma situação análoga.

Del-Corso e Trivelato, 2017, pg 4619

A metodologia de desambiguação de Argumentos e Explicações do trabalho de Del-Corso e Trivelato (2017) é apresentada ordenada conforme procedimentos de identificação e diferenciação (QUADRO 22). O fenômeno a ser explicado em uma Explicação será chamado de *explanandum*, e os elementos causais, modelos e representações da realidade que se relacionam ao fenômeno (*explanandum*) da Explicação, serão chamados de *explanans*. Para os Argumentos usa-se o *layout* de Toulmin (2006), ou sua adaptação como proposta por (DRIVER et al., 2000).

Quadro 22 - Proposta para diferenciar Explicações de Argumentos (DEL-CORSO e TRIVELATO, 2017)

Proposta para diferenciar Explicações de Argumentos	
1. Identificação da conclusão da assertiva:	→ Identificação daquilo que se está tentando explicar ou justificar (Conclusão (C) ou <i>explanandum</i>).
2. Análise da intenção da assertiva:	→ Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento. → Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, esta está relacionada a uma Explicação.

<p>3. Análise da Conclusão (C) ou explanandum:</p>	<p>→ Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] estiver sob contestação, (<i>sub-judice</i>), trata-se da Conclusão (C) de um Argumento.</p> <p>→ Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado à prova, trata-se do <i>explanandum</i> de uma Explicação.</p>
<p>4. Análise da relação de plausibilidade entre os elementos:</p>	<p>Depende das premissas serem ou não mais plausíveis que a conclusão:</p> <p>→ Nos Argumentos: a Conclusão (C) é menos plausível que os elementos que levam a ela. Logo, se as premissas forem mais plausíveis que a conclusão (Conclusão C), trata-se de um Argumento.</p> <p>→ Nas Explicações: O <i>explanandum</i> (conclusão) é mais plausível que os elementos que levam a ele. Logo, se as premissas forem menos plausíveis que a conclusão (<i>explanandum</i>), trata-se de uma Explicação.</p>
<p>5. Presença de diferentes motivadores:</p>	<p>→ Quando houver motivações concorrentes, uma em relação à outra, explícita ou implícita, a assertiva está relacionada a um Argumento.</p> <p>→ Quando houver motivos que se somem para explicar o <i>explanandum</i> e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, esta se relacionaria a uma Explicação.</p>
<p>6. Tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006):</p>	<p>Para as assertivas identificadas como Argumentos haverá a tentativa de reestruturação com o <i>layout</i> adaptado de Toulmin (2006), como proposto por (DRIVER et al., 2000).</p> <div style="text-align: center;"> <p>Dado (D) —————→ <u>assim</u> Conclusão (C) (Qualificador)(Q)</p> <p style="margin-left: 100px;"> </p> <p style="margin-left: 100px;">Justificativa (J)</p> <p style="margin-left: 200px;"> </p> <p style="margin-left: 200px;">a menos que Refutação (R)</p> </div> <p>A correspondência permite visitar a origem e natureza dos Dados (D), das Conclusões (C) e Justificativas (J).</p>

Fonte: Del-Corso e Trivelato (2017).

Silva (2015) afirma que a forma como o conhecimento científico é construído se assemelha, nas aulas de ciência, com a maneira como se dá o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Isso acontece porque, nessa abordagem, os estudantes precisam articular evidências, empíricas ou fornecidas, e retomar conhecimentos prévios para elaborar hipóteses explicativas; indo além, buscam avaliar sua validade estabelecendo relações entre os dados e as asserções de conhecimento. Nesse sentido, por meio de atividades investigativas, eles aprendem aspectos inerentes à natureza do conhecimento científico, como construir conhecimento e comunicar o mesmo por meio de Explicações e Argumentos.

Uma das dificuldades da Proposta para diferenciar Explicações de Argumentos proposto por Del-Corso e Trivelato (2017) (QUADRO 23), é a etapa 1 de identificação do que consiste a Conclusão (C) de determinada assertiva. Erduran et al. (2004) propuseram uma forma de identificar a Conclusão (C) que, segundo eles, permitiu uma confiabilidade de 80% entre diferentes codificadores: a codificação era dupla, feita separadamente e comparada. Para eles, quando houvessem declarações diferentes, em que ambas poderiam ser tomadas como conclusões, aquela assertiva que fosse a resposta a atividade é que seria realmente a Conclusão (C).

O exemplo dado pelos autores, já apresentado mas retomado aqui, tenta deixar essa ideia mais clara. No caso, os estudantes argumentavam sobre a validade de se construir um Zoológico e um deles disse:

- "*Zoológicos são horríveis*" e "*eu sou totalmente contra zoológicos*"
(Tradução nossa)

Neste caso, segundo Erduran et al. (2004), a ênfase está na segunda parte da declaração porque o contexto da tarefa exige uma referência a uma posição particular (a favor ou contra os zoológicos) e esta é a reivindicação substantiva e portanto a Conclusão (C).

Outro estratagema usado para diferenciar Argumentos de Explicações derivou de um trabalho de Meyer e El-Hani (2005). De acordo com os autores, as ciências, na busca por compreender a natureza, propõem tipos diferentes de perguntas, das quais derivam construtos científicos diferentes. Segundo os autores as perguntas podem ser de dois tipos "O quê e Quais" e "Por quê e Como?".

Quando as perguntas são do tipo "O quê/Quais", o que se deseja obter como respostas não são explicações, mas sim descrições sobre as características de comportamentos e estruturas. São as perguntas do tipo "Por quê/Como?" que fornecerão explicações. Acontece que, de acordo com Meyer e El-Hani (2005):

Perguntas da forma "**Por quê?**" podem pedir explicações que não são de natureza científica. Se alguém pergunta, por exemplo, "Por que eu vim parar neste mundo?", ele possivelmente terá em mente uma resposta que ofereça algum tipo de razão última para a sua existência, e não uma explicação científica apresentando os mecanismos pelos quais sua mãe veio a engravidar. (grifo nosso)

De acordo com os autores, as ciências não são tão teleológicas, não buscam esse tipo de explicações últimas para as perguntas do tipo “Por quê/Como? ”. As ciências buscariam, para esse tipo de pergunta, elucidar o mecanismo que produz o fenômeno. Em outras palavras, caracterizar o conjunto de processos por meio dos quais as causas se concatenam de modo que produzam um fenômeno. Os autores trazem ainda que é necessário distinguir dois tipos básicos de mecanismos possíveis para explicar como se dá um fenômeno, mecanismos que atuam em escalas temporais próximas e distantes de sua ocorrência.

Dessa divisão dos tipos de pergunta surgiu uma ideia para ajudar a diferenciar Explicações de Argumentos. A lógica empregada consiste em, observando o construto, tentar inferir qual a pergunta que originou este construto. Argumentos seriam, a nosso ver, relacionados a perguntas do tipo “O quê/Quais” e Explicações a perguntas do tipo “Por quê/Como? ”.

Quadro 23 - Novo método para diferenciar Argumentos de Explicações

Método para diferenciar Argumentos de Explicações	
1. Identificação da conclusão da assertiva:	→ Quando houver declarações diferentes, em que ambas poderiam ser tomadas como Conclusões (C) ou <i>Explanandum</i> , a assertiva que for a resposta para a atividade é que será realmente a Conclusão (C) ou <i>Explanandum</i> . Erduran et al. (2004)
2. Análise da intenção da assertiva:	→ Quando a intenção da assertiva for convencer, está relacionada a um Argumento. → Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, está relacionada a uma Explicação.
3. Análise da Conclusão (C) ou explanandum:	→ Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] estiver sob contestação, (<i>sub-judice</i>), trata-se da Conclusão (C) de um Argumento. → Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado à prova, trata-se do <i>explanandum</i> de uma Explicação.
4. Análise da relação de plausibilidade entre os elementos:	Se as premissas são ou não mais plausíveis do que a conclusão: → Nos Argumentos: a Conclusão (C) é menos plausível que os elementos que levam a ela. Logo, se as premissas forem mais plausíveis, mais certas que a conclusão (Conclusão C), trata-se de um Argumento. → Nas Explicações: O <i>explanandum</i> (conclusão) é mais plausível que os elementos que levam a ele. Logo, se as premissas forem menos plausíveis, mais incertas que a conclusão (<i>explanandum</i>), trata-se de uma Explicação.

<p>5. Presença de diferentes motivadores:</p>	<p>→ Quando houver motivações concorrentes, uma em relação à outra, explícitas ou implícitas, a assertiva está relacionada a um Argumento.</p> <p>→ Quando houver motivos que se somem para explicar o <i>explanandum</i> e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, esta se relacionaria a uma Explicação.</p>
<p>6. Análise da pergunta geradora:</p>	<p>A lógica empregada consiste em, observando o construto, tentar inferir qual a pergunta que o originou (MEYER e EL-HANI, 2005):</p> <p>→ Perguntas do tipo “O quê/Quais” tenderiam a produzir como resposta Argumentos.</p> <p>→ Perguntas do tipo “Por quê/Como? ” tenderiam a produzir como resposta Explicações.</p>
<p>7. Tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006):</p>	<p>Para as assertivas identificadas como Argumentos haverá a tentativa de reestruturação com o <i>layout</i> adaptado de Toulmin (2006), como proposto por (DRIVER et al., 2000).</p> <div data-bbox="598 728 1289 880" style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Dado (D) —————> assim. Conclusão (C) (Qualificador)(Q)</p> <p>Justificativa (J)</p> <p>a menos que Refutação (R)</p> </div> <p>A correspondência permite revisitar a origem e natureza dos Dados (D), das Conclusões (C) e Justificativas (J).</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

7. Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “O Mundo Microscópico” – Análises e Resultados

Este capítulo contém dois formatos diferentes de apresentação das análises dos relatórios das atividades investigativas produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”, em relação à presença das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). O primeiro formato de apresentação, tópico (7.1), é mais extenso, descrevendo o trabalho interpretativo, trazendo as justificativas que permitiram identificar as PECEs nos relatórios das atividades investigativas. O outro tópico (7.2) traz a sistematização, na forma de quadros, tabelas e gráficos, das PECEs encontradas nos relatórios derivados de cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI, além de discussões sobre os resultados obtidos.

Todos os 146 relatórios foram analisados mas serão apresentadas as análises dissertativas de uma amostra, e não de todos os relatórios. O conjunto de dados para esse exercício de interpretação, nessa análise mais descritiva da experiencição de procedimentos, é constituído de 9 relatórios. Dois relatórios foram produzidos após a investigação da primeira atividade “*Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga*”, sendo um do Colégio Brasília (7ºA do EFII), e um da FASESP, turma de 2017. Da segunda atividade “*Aula 2: O Problema do Submarino*”, resultou um relatório do 7ºB (EFII) do Colégio Brasília⁴⁶. São analisados dois relatórios produzidos após a investigação da terceira atividade “*Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos*”, sendo um de do Colégio Brasília (7ºC), e um da FASESP, turma de 2018. Para as atividades “*Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça*” e “*Aula 5 – Investigando como no Micrographia*” foi seguida a mesma lógica: tomar como amostra para cada investigação um relatório do Colégio Brasília (7ºA, 7ºB ou 7ºC), e um da FASESP (2017, 2018 ou 2019). Desses nove

⁴⁶ Vale explicar que durante a experiencição dessa segunda aula no Colégio Brasília não foi pedido que os estudantes elaborassem relatórios após vivenciar a atividade “*O Problema do Submarino*”. Apesar disso, alguns estudantes dos 7ºB e 7ºC o fizeram. Também vale relembrar que a segunda aula da SEI foi suprimida na FASESP, logo não havendo relatórios.

relatórios, dois se encontram no documento principal desta tese e os outros sete nos apêndices (APÊNDICE M).

O segundo tópico (7.2) traz uma síntese dessa interpretação, primeiro apresentando as PECEs encontradas em todos os relatórios na forma de um quadro (QUADRO 7). Esse quadro recebe então diferentes tratamentos para discussão, compondo gráficos e tabelas que permitem visualizar a distribuição das PECEs e responder às questões de investigação.

O primeiro procedimento de análise dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas da SEI consistiu na leitura, na íntegra, de cada relatório. Essa leitura visava o entendimento do relatório como um todo, e durante sua feitura ainda não se buscava a identificação das PECEs. Num segundo momento cada relatório foi lido em busca de evidências do engajamento em cada uma das PECEs. A ferramenta de análise apresentada no tópico 5.6 foi usada como ferramenta de análise do engajamento.

A unidade de análise tomada aqui consistiu em cada relatório individual, pois o que se observava era o engajamento dos estudantes em PECEs nas investigações de cada uma das atividades. Cada atividade investigativa (Atividade investigativa 1: “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*”; Atividade investigativa 2: “*O Problema do Submarino*”⁴⁷; Atividade investigativa 3: “*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*”; Atividade investigativa 4: “*Robert Hooke e a Cortiça*”; Atividade investigativa 5: “*Investigando como no Micrographia*”) culminava na elaboração de um relatório. Os relatórios foram sempre produzidos em grupo e ao longo das investigações de cada tema, o que podia demorar vários dias. Assim, a intenção foi buscar evidências, nos relatórios, de que os estudantes haviam se engajado epistemicamente nas atividades investigativas das quais cada um dos relatórios deriva. Não encontrar essas marcas não significa que o engajamento não ocorreu: pode acontecer das evidências estarem explícitas apenas na oralidade.

O trabalho de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) pautou a busca na identificação de evidências de engajamento nas PECEs nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes quando vivenciaram a SEI “*O Mundo Microscópico*”. Esse trabalho

⁴⁷ Como citado anteriormente, a Atividade investigativa 2: “*O Problema do Submarino*” foi exclusiva da versão experienciada no Colégio Brasília, não tendo sido pedido que os estudantes elaborassem relatórios após vivenciar essa atividade. Na SEI elaborada para a FASESP a Atividade investigativa 2 “*Densidade X Flutuabilidade*” tinha a função equivalente na SEI, mas não foi experienciada.

ressalta a importância de verificar a autenticidade do engajamento nas práticas e nas investigações, diferenciando então as ações que sejam apenas reflexo do fazer escola (práticas que sejam exclusivamente escolares) daquelas práticas que sejam também científico-epistêmicas, ou seja, das práticas que sejam híbridas das culturas científica e escolares. A essas últimas chamamos, nesse trabalho, de PECEs.

Para Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010):

Nós afirmamos que o profundo significado das ações das comunidades de prática (das investigações ou dos problemas autênticos) são, por exemplo, gerar perguntas, planejar seus próprios experimentos, desenvolver interpretações ou comunicar resultados, em vez de realizar experimentos planejados por outros e envolvendo "leitura de instruções" de experimentos previamente desconhecidos e seguindo essas instruções.

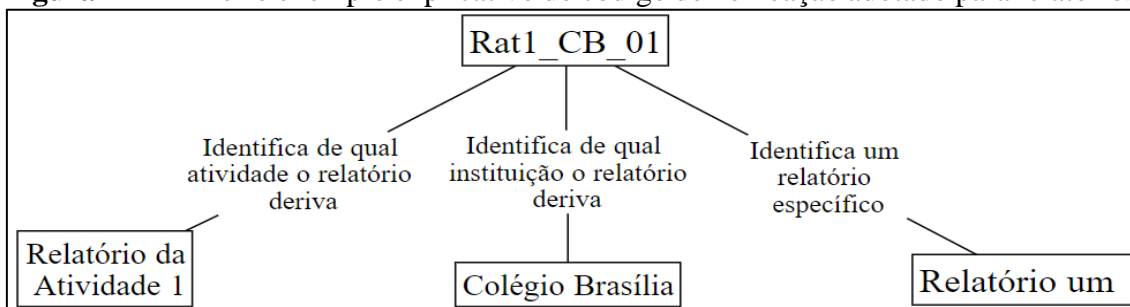
(Tradução nossa)

A ideia foi então buscar evidências, marcas, de que os estudantes não estavam “apenas” cumprindo tarefas, mas sim engajados epistemicamente nas ações investigativas. Nesse âmbito, entendemos que quando os estudantes têm pouca ou nenhuma responsabilidade nas decisões e apenas seguem as instruções não há marcas de autenticidade: seguir as instruções é evidência de práticas escolares, mas não de práticas epistêmicas científico-escolares. Sobre a questão da autenticidade, Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) trazem que esta é caracterizada por uma combinação de várias dimensões, e que é o perfil geral que torna uma abordagem instrucional autêntica, em vez da presença de um ou de alguns traços isolados. Foi por esse motivo também que a unidade de análise constituiu cada relatório como um todo e não partes desmembradas dos mesmos.

Para melhorar a fluidez de leitura das análises e resultados criou-se um código de identificação dos relatórios. Abaixo estão esquemas (FIGURA 23 e 24) explicando o código de nomeação adotado para os relatórios. No exemplo explicativo, Rat1_CB_01, se refere ao relatório da Atividade investigativa 1: “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*”, do Colégio Brasília, identificado como relatório um (01). Os relatórios das atividades de cada instituição foram numerados sequencialmente a partir de 01 (Rat1_CB_01, Rat1_CB_02 e assim sucessivamente). CB identifica o Colégio Brasília, FS₁₇ a Faculdade

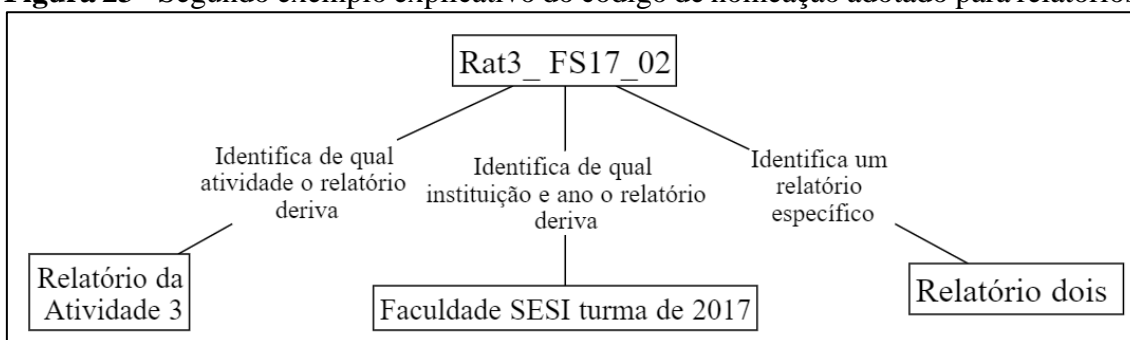
SESI de Educação turma de 2017 e FS₁₈ Faculdade SESI de Educação turma de 2018 (Ex: Rat3_ FS₁₇_01, Rat3_ FS₁₇_02).

Figura 22 - Primeiro exemplo explicativo do código de nomeação adotado para relatórios



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23 - Segundo exemplo explicativo do código de nomeação adotado para relatórios

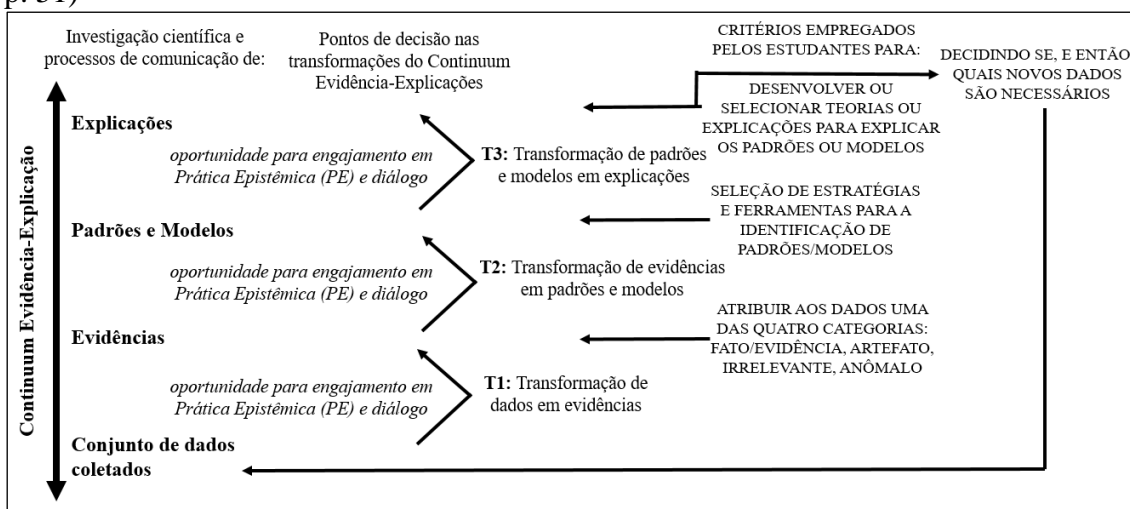


Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando os relatórios eram escritos à mão, e havia a possibilidade da não compreensão do texto dos alunos no recorte digitalizado, optou-se por apresentar o trecho recortado do original e transcrever o texto usando-se a fonte “MamaeQueNosFez”. Já quando os relatórios eram digitados e impressos pelos(as) estudantes não houve a preocupação de transcrever o texto.

Outro aspecto que merece destaque, e pautou a busca por PECEs nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes, foi a diferenciação de Dados e Evidências. A inspiração para fazer essa distinção vem inicialmente do trabalho de Kelly e Duschl (2002), que propõe uma interessante estrutura denominada *continuum* evidência-explicação (*continuum* EE, p.51).

Figura 24 - Estrutura do *Continuum* EE (Evidência-Explicação) de Kelly e Duschl (2002, p. 51)



Fonte: tradução nossa de Kelly e Duschl (2002, p. 51).

Nesse trabalho, os autores consideram que cada uma das transformações (Dados — T_1 → Evidências — T_2 → Modelos/Padrões — T_3 → Explicações) no *continuum EE* representa uma oportunidade para o engajamento dos estudantes em Práticas Epistêmicas (PE), pois esses momentos promovem oportunidades, e poder-se-ia pensar que até exigem que os estudantes dialoguem e cheguem a um acordo sobre, "o que conta" como evidência apropriada, identifiquem padrões e modelos e construam explicações para a investigação científica realizada. Desse modelo deve-se inferir também que os autores consideram Dados como diferentes de Evidências.

O trabalho de Silva, Gerolin e Trivelato (2018) trouxe exemplos práticos de como fazer essa diferenciação. De acordo com as autoras, os momentos de transformações (Dados — T_1 → Evidência — T_2 → Modelo/Padrão — T_3 → Explicação) no *continuum EE* são prolíficos na promoção de engajamento em PE. No contexto da atividade didática da qual as autoras obtiveram os construtos empíricos analisados no trabalho, os estudantes transformavam Dados em Evidências quando interpretavam registros fotográficos buscando reconhecer e produzir evidências para responder à questão de investigação. As evidências foram comumente apresentadas como inscrições literárias (tabelas principalmente). Na SEI “*O Mundo Microscópico*” não haviam registros fotográficos em nenhuma das atividades, mas houve sempre observações por meio de instrumentos (microscópio e/ou lupa), e essas comumente foram transformadas em inscrições literárias.

Por fim, é importante lembrar que Argumentos e Explicações foram tratados como distintos (vide cap. 6. Diferenciando Argumentos de Explicações).

Consecutivamente, as PECEs associadas a cada um deles levou isso em consideração (“Comunicação de Explicação Científica - C02”, “Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento - C03”, “Avaliação de Linha de Raciocínio Científico Argumento - A03”, “Avaliação de Explicação Científica - A05”, “Legitimação de Explicações - L01” e “Legitimação de Conhecimentos (argumento) - L02”).

7.1 Análises dissertativas dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “O Mundo Microscópico” .

Para a análise mais descritiva da experiencição dos procedimentos de identificação das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) foram tomados um relatório das atividades investigativas de cada uma das instituições (Colégio Brasília e FASESP). Os únicos critérios de seleção da amostra de relatórios foi sempre tomar um de cada instituição e alternar as turmas em cada instituição. Segue um quadro (**QUADRO 24**) com a identificação dos relatórios analisados.

Quadro 24 - Relatórios tomados para a análise descritiva da experiencição dos procedimentos de identificação das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs).

Atividade	Relatórios analisados
“Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga”	Rat1_CB_01 (7ªA – Colégio Brasília) Rat1_FS ₁₇ _01 (FASESP 2017)
“Aula 2: O Problema do Submarino”	Rat2_CB_01 (7ªB – Colégio Brasília)
“Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos”	Rat3_CB_01 (7ªC – Colégio Brasília) Rat3_FS ₁₉ _01 (FASESP 2019)
“Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”	Rat4_CB_01 (7ªA – Colégio Brasília) Rat4_FS ₁₉ _XX (FASESP 2019)
“Aula 5 – Investigando como no Micrographia”	Rat5_CB_01 (7ªB – Colégio Brasília) Rat5_FS ₁₈ _XX (FASESP 2018)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como as análises são longas e obedecem a um padrão, optou-se por trazer no corpo desta tese a análise dissertativa de apenas dois relatórios (Rat1_CB_01 do 7oA – Colégio Brasília e Rat1_FS17_01 da FASESP 2017). As análises dissertativas dos outros sete relatórios podem ser encontradas nos apêndices (APÊNDICE M).

7.1.1 Análises dissertativas dos relatórios da primeira atividade “Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga”

Primeiramente será apresentada a análise do relatório da atividade um “Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga” do 7ºA do Colégio Brasília. Tal relatório será tratado pelo código Rat1_CB_01 e encontra-se em sua íntegra nos anexos (ANEXO I). Depois será feita a apresentação da análise do relatório da atividade um “Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga” da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat1_FS17_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

7.1.1.1 Análise dissertativa do relatório da primeira atividade “Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga” do 7ºA do Colégio Brasília

A evidência encontrada do engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**” no relatório analisado Rat1_CB_01 foi a elaboração de uma questão que não estava na comanda da atividade. Caso fosse encontrada no relatório apenas a questão da comanda da atividade não seria considerado que houve engajamento na PECE P01, já que os(as) estudantes estariam cumprindo a ação pedagógica de copiar a comanda, seria só uma ação do fazer escola. Simplesmente cumprir uma comanda não foi considerada evidência de engajamento epistêmico. A questão de investigação na comanda da atividade era: “*Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?*”. Acontece que os(as) estudantes também propuseram uma questão extra “*(...) por que a picada da formiga dói tanto.*”. As duas questões podem ser observadas abaixo no recorte do trecho do relatório, também transcrito para facilitar a leitura.

Transcrição do trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Objetivo: Estamos tentando descobrir e por que a pulga pula tão alto e e porquê a picada da formiga dói tanto.

Objetivo: Estamos tentando descobrir e por que a pulga pula tão alto e e porquê a picada da formiga dói tanto.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Não pode ser inferido que houve engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” já que não há evidência de planejamento da investigação. O tópico “materiais e métodos” aparece no relatório, mas em sua formulação não há nada que demonstre que os(as) estudantes não estavam apenas seguindo as comandas da atividade em relação ao planejamento da investigação. Não foi feito nenhum procedimento que não estivesse nas orientações da atividade (APÊNDICE F). Não há marcas, no relatório, de que houve discussão acerca dos procedimentos e etapas a serem seguidas na investigação. Apesar dos(as) estudantes terem formulado uma questão de investigação extra, não tentaram investigá-la -- ou seja, apesar de formular outra questão, não se empenharam em planejar uma forma de investigar essa questão extra.

Transcrição do trecho recortado do relatório identificado como Rat1_CB_01 acima.

Materiais e métodos: Utilizamos uma formiga larva-pé e uma pulga para estudar

Materiais e métodos: Utilizamos uma formiga larva-pé e uma pulga para estudar

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Já quanto à PECE “**Realização de Investigação Científica (P03)**” há evidências de engajamento no relatório Rat1_CB_01, na medida em que apesar de estarem seguindo instruções (práticas escolares) os(as) estudantes não estão “apenas” fazendo isso: estão articulando suas hipóteses, seus resultados e suas conclusões, inclusive construindo dados e transformando esses dados em evidências.

Acreditamos haver evidências também do engajamento na PECE de “**Construção de Dados (P04)**” no relatório Rat1_CB_01. Conjecturar que os(as) estudantes não estavam, em relação a essa PECE, apenas seguindo as instruções que prescreviam que eles(as) deviam desenhar e descrever as pulgas e formigas é tarefa complicada. Em nosso entendimento, a evidência de que houve engajamento epistêmico em relação à construção de dados é o foco dado pelos(as) estudantes à descrição das pernas. Os(as) estudantes não descreveram outras partes dos insetos. Seria esperado que, caso estivessem apenas seguindo as instruções, que pediam que eles(as) descrevessem os insetos, fizessem sua

descrição como um todo, e não apenas das partes relacionadas à capacidade de saltar ou não. Essa escolha evidencia que os dados foram construídos com a intenção de responder a questão de investigação, ou seja, que ocorreu engajamento epistêmico e não apenas foi cumprida uma tarefa escolar.

Há marcas da PECE de “**Construção de Evidências (P05)**”, já que ela se dá quando os(as) estudantes atribuem significado aos dados, transformando-os em evidências, que são então usadas para responder a questão de investigação. Os trechos abaixo atestam a transformação dos dados, que se constituíram das observações das pernas dos insetos ao microscópio, em evidências.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

5.2 Descrição dos insetos vistos ao microscópio

Pulga: Tem 6 patas uma delas serve apenas para pular, por isso que ela consegue pular tão alto. E ela é leve por isso consegue pular bem alto

Formiga: A formiga pode não pular tão alto pois, tem menos dobras na perna.

5.2 Descrição dos insetos vistos ao microscópio

Pulga: Tem 6 patas uma delas serve apenas para pular, por isso que ela consegue pular tão alto. E ela é leve por isso consegue pular bem alto

Formiga: A formiga pode não pular tão alto pois, tem menos dobras na perna.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Acreditamos haver evidências do engajamento na PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”. Novamente é complicado atestar que a elaboração de hipóteses pelos(as) estudantes teve uma perspectiva também epistêmica, já que o professor

ministrante da SEI havia explicitamente pedido que os(as) estudantes elaborassem hipóteses. O que nos faz pensar que houve o engajamento epistêmico é que os(as) estudantes elaboram hipóteses, e retomam uma delas nos resultados e conclusão do relatório. Ou seja, a elaboração de hipótese não foi uma mera ação de cumprir tarefa, que após ser realizada é esquecida, descartada. Pode-se perceber que a hipótese da quantidade de dobras das pernas das pulgas estar relacionada à sua habilidade de saltar acaba orientando toda a investigação posterior, dando assim a impressão de que a elaboração de hipóteses foi epistêmica.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Hipóteses: Achamos que ela tem várias patas e é leve por isso vai tão alto e eu acho que a pulga tem um sistema na perna que quando vai pular a — faz pular tão alto e a pulga pula mais pois tem mais dobras na perna para aumentar a empulsão

Hipóteses: Achamos que ela tem várias patas e é leve por isso vai tão alto e eu acho que a pulga tem um sistema na perna que quando vai pular a — faz pular tão alto e a pulga pula mais pois tem mais dobras na perna para aumentar a empulsão

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Não há evidências, no Rat1_CB_01, de que os(as) estudantes se engajam na PECE de “**Construção de Modelos (P07)**”. Não há elaboração de qualquer modelo representativo do fenômeno de as pulgas saltarem mais alto, proporcionalmente, que qualquer outro animal. A explicação elaborada pelos(as) estudantes se refere ao fenômeno específico da habilidade de saltar das pulgas, não a um fenômeno geral que associe formato ou quantidade de articulações com a capacidade de gerar impulsos. Por outro lado, é interessante notar que os(as) estudantes, apesar de terem observado apenas uma pulga e uma formiga, formulam suas explicações generalizando-as para todas as formigas e pulgas, e não especificamente para aquela formiga e aquela pulga observadas. Mas não consideramos isso suficiente para afirmar que houve engajamento na “**Construção de Modelo (P06)**” sobre a habilidade dos animais, ou mesmo das pulgas, saltarem.

Acreditamos que no processo de produção do relatório Rat1_CB_01 os(as) estudantes tenham se engajado nas PECEs relacionadas a “**Comunicação do Conhecimento Científico**”. Como trazido na introdução desse capítulo, consideramos

que ocorre o engajamento nas PECEs quando houver evidências de que os(as) estudantes não estavam “apenas” cumprindo tarefas escolares, mas sim autenticamente engajados(as) nas ações investigativas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010). A apreciação dessa autenticidade é caracterizada, segundo as autoras, por uma combinação de vários fatores, sendo então necessário, no caso de relatórios escritos, analisá-los sob uma perspectiva holística⁴⁸. No caso do Rat1_CB_01 entendemos que o engajamento foi autêntico e epistêmico na medida em que os(as) estudantes não se limitaram a fazer exatamente o que lhes era pedido: é perceptível que eles seguiram uma linha de raciocínio própria. Toda a construção do relatório é orientada a partir de uma de suas hipóteses (habilidade de saltar relacionada à quantidade de dobras nas pernas). A descrição da formiga, por exemplo, não traz nenhum elemento que não se relacione à quantidade de dobras de suas pernas. Ou seja, a comanda da ficha que pedia uma descrição de forma genérica da formiga é parcialmente ignorada, e apenas a característica que se relaciona à questão de investigação e a hipótese é desenvolvida. Isso é evidência de que os(as) estudantes não estavam simplesmente seguindo as diretrizes das comandas das atividades: caso estivessem “apenas” fazendo escola teriam feito descrições de outros aspectos das formigas. Por isso, foi considerado que houve engajamento na “**Produção de Relatório Científico (C01)**”.

Como apresentado anteriormente no sexto capítulo (6. Diferenciando Explicações de Argumentos), dentre as PECEs a construção de Explicações e Argumentos, para comunicação do conhecimento científico, necessitou atenção especial. As preocupações passam tanto por diferenciar Explicações de Argumentos como por identificar as diferentes funções epistêmicas de cada um destes. Argumentos e Explicações podem desempenhar papel tanto como PECE relacionada a “**Comunicação do Conhecimento Científico**” como PECE relacionada a “**Avaliação do Conhecimento Científico**”.

No caso dos relatórios da Atividade investigativa 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” do Colégio Brasília (Rat1_CB_XX) percebeu-se que a própria natureza da questão investigativa proposta na ficha de atividade, e levada a cabo pelo professor ministrante, induzia a construção de Explicações e não Argumentos (“*Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?*”) (APÊNDICE

⁴⁸ No dicionário Michaelis, holismo se refere à: “*Abordagem científica que dá prioridade ao entendimento global dos fenômenos, descartando o procedimento analítico em que seus componentes são analisados ou tomados isoladamente.*”. (<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/holismo/>) (acesso em 2019-04-11).

F) – posto que o fenômeno das pulgas saltarem mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal, não foi alvo de contestação em nenhum relatório. Além disso, a intenção geral do relatório era deixar o fenômeno em questão mais claro, apresentar suas causas. Esses são aspectos que, de acordo com Del-Corso e Trivelato (2017) e Meyer e El-Hani (2005), se relacionam à construção de Explicações e não Argumentos. Nada, contudo, impediria também a construção de Argumentos, por exemplo relacionados à “**Avaliação do Conhecimento Científico**”, mas pode-se entender que a natureza da investigação compeliu os(as) estudantes a produzir Explicações com a função epistêmica de “**Comunicação do Conhecimento Científico**”, ou seja, a se engajar na PECE de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”. Para Del-Corso e Trivelato (2017), o fenômeno a ser explicado pode ser chamado de *explanandum*, e os elementos causais, modelos e representações da realidade que se relacionam ao fenômeno da Explicação chamados de *explanans*. Explicações podem inclusive demandar Argumentos que as defendam.

No caso do relatório Rat1_CB_01, a marca de engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**” está no tópico “Resultados” deste relatório. A interpretação é que o Argumento formado por esse trecho está apoiando a Explicação que aparece depois.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01 abaixo.

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto

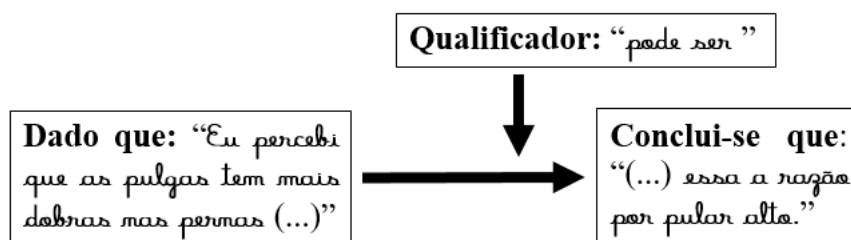
Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Para o entendimento de que o trecho acima constitui um Argumento foi usado o novo método de diferenciar Explicações de Argumentos (QUADRO 23). O entendimento é que os(as) estudantes estão tentando convencer que a maior quantidade de dobras das pernas das pulgas justifica a habilidade de saltar. De acordo com o método, “*Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento*”.

Outro indício do trecho acima tratar-se de um Argumento é que a pergunta que melhor geraria este construto é “**O que** faria as pulgas saltarem mais alto? ”, no sentido de quais estruturas, e não “**Como** as pulgas saltam mais alto? ”, no sentido de qual o mecanismo do salto. Argumentos seriam relacionados a perguntas do tipo “**O quê/Quais**” e Explicações a perguntas do tipo “**Por quê/Como?** ”.

Figura 25 - Argumento presente na discussão dos resultados feitas pelos(as) estudantes no relatório Rat1_CB_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Há evidências do engajamento na PECE de “**Construção de Explicação Científica (C02)**” no relatório Rat1_CB_01. O trecho tomado como evidência do engajamento na PECE em questão está no tópico “*Conclusão*” deste relatório. O *explanandum* (fenômeno a ser explicado) é a habilidade da pulga saltar tão alto. O *explanans* desenvolvido pelos(as) estudantes se refere à observação de que as pernas das pulgas têm mais dobras que as pernas das formigas, e o mecanismo para saltar seria dobrar essas pernas para ganhar impulso. O Argumento anterior apoia esta explicação sobre o motivo das pulgas saltarem tão alto. Os trechos abaixo trazem as transcrições e os recortes dos originais do Rat1_CB_01 onde se encontram os *explanans*.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01 abaixo.

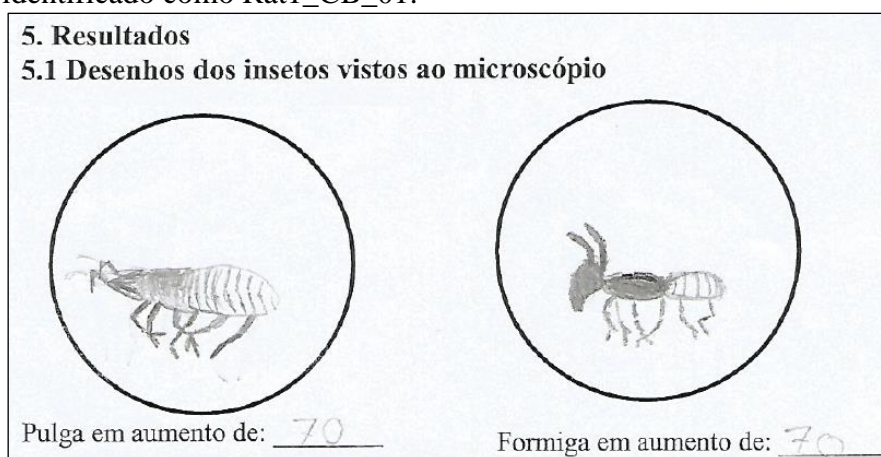
Conclusão: Como a formiga não tem dobras a mais nas pernas ela não tem impulso com a perna

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa razão por pular alto
 Conclusão: Como a formiga não tem dobras a mais nas pernas ela não tem impulso com a perna

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Não consideramos haver evidências de engajamento epistêmico autêntico na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**” no Rat1_CB_01. Apesar dos(as) estudantes autores(as) do Rat1_CB_01 desenharem uma pulga e uma formiga em seu relatório, e desenhos serem um tipo de inscrição literária (LEHRER, SCHAUBLE e PETROSINO, 2001; DEL-CORSO e TRIVELATO, 2019), não há evidências de que ocorreu engajamento epistêmico autêntico ao realizar essa prática, pois não existe referência alguma aos desenhos nos resultados ou conclusões do relatório. Para Silva et al (2017), a construção de inscrições literárias evidencia o engajamento nas práticas epistêmicas da cultura científica quando essas são utilizadas para responder a pergunta de investigação, podendo ter função na construção ou comunicação do conhecimento científico. Como dito anteriormente, toda a construção do Rat1_CB_01 foi orientada pela hipótese de que a habilidade de saltar se associa às dobras das pernas, mas os desenhos da pulga e formiga não aparentam ter qualquer sinal de ter havido a intenção de representar as diferenças nas quantidades de dobras entre as pernas dos dois insetos (vide desenho abaixo). Os(as) estudantes poderiam ter desenhado as pernas das pulgas com mais dobras que as pernas das formigas. Os desenhos da pulga e formiga no Rat1_CB_01 parecem responder apenas a instrução da aula, podendo dessa forma serem considerados prática escolar e não prática epistêmica e híbrida das culturas científica e escolar.

Recorte dos desenhos, feitos pelos(as) estudantes, da pulga e da formiga, presentes no relatório identificado como Rat1_CB_01:



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Diferentemente do que aconteceu em relação aos desenhos feitos no Rat1_CB_01, no Rat1_CB_02 (esse relatório encontra-se em sua íntegra no ANEXO I) consideramos que os desenhos da pulga consistiram em “Inscrições Literárias” autênticas e não foram

reflexo exclusivo de uma tarefa escolar. A explicação para esse raciocínio não está nos desenhos propriamente ditos, mas na descrição dos materiais e métodos. Os(as) estudantes afirmam que “Materiais e métodos: microscópio aumento 150X e 70x, rimes a formiga e a pulga de perto para coletar dados para desenha-las”. Na medida em que os(as) estudantes explicitam que observaram a formiga e a pulga de perto (microscópio) para coletar dados para desenhá-las, entendemos que estão transformando as observações (dados) em um desenho (Inscrição Literária).

Transcrição de trecho recortado do relatório identificado como Rat1_CB_02.

Materiais e métodos: microscópio aumento 150X e 70x . rimes a formiga e a pulga de perto para coletar dados para desenha-las.

Materiais e métodos: microscópio aumento 150x e 70x, rimes a formiga e a pulga de perto para coletar dados para desenha-las.
conclusão: por causa do microscópio e a formiga, vai pular

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_02.

Outro exemplo de engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)** ” pode ser observado no Rat1_CB_03. O raciocínio foi semelhante. No Rat1_CB_03 os(as) estudantes afirmam que “(...) desenhos das pulgas e observações delas rimes as características delas” – ou seja, os desenhos foram usados para determinar as características usadas na resposta à pergunta de investigação. O critério para inferir engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)** ” não foi a simples presença de desenhos das pulgas. A inferência foi sempre dependente de outros elementos do relatório que pudessem evidenciar que os desenhos eram mais que simples cumprimento de uma tarefa escolar.

Transcrição de trecho recortado do relatório identificado como Rat1_CB_03.

Materiais e métodos usados
Use de microscópio no grau de 70 e 150 desenhos das pulgas e observações delas rimes as características delas
Resultados
Descobrimos como será a formate da pulga e suas pernas e pois com elas que consegue pular e outros detalhes.

Metodos e materia usadas

Com o uso da microscopia no grau de 70 e 150, desenhei dos pulgas e observação delas vivas, as características delas.

Resultados

Desenhei como serão o formato do pulga e suas pernas e peias com elas que consegue pulgar e outras partes.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_03.

A comanda da atividade também pedia que os(as) estudantes descrevessem os insetos vistos ao microscópio, mas acreditamos que, ao contrário do que aconteceu em relação aos desenhos, no caso das descrições houve engajamento na PECE de “**Descrição (C05)**” do Rat1_CB_01, pois elas foram direcionadas para responder à questão de investigação.

Não foram encontradas marcas da PECE de “**Exemplificação (C06)**” no Rat1_CB_01.

As evidências de engajamento nas PECEs relacionadas à “**Avaliação do Conhecimento Científico**” foram encontradas na atividade em que os(as) estudantes eram convidados(as) a comparar os próprios desenhos, descrições e explicações com o desenho, descrição e explicação originais de Robert Hooke.

A diferenciação das PECEs de “**Avaliação dos Dados/Informações (A01)**” e “**Avaliação das Evidências (A02)**” reside na identificação de que o que está sendo colocado à prova são os dados ou as evidências. No Rat1_CB_01 encontramos marcas do engajamento na PECE “**Avaliação das Evidências (A02)**” e não na PECE de “**Avaliação dos Dados/Informações (A01)**”. O trecho usado como dado para embasar essa afirmação segue abaixo:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01 acima.

1) Desenho de Hooke X meu desenho
 Desenho de Hooke é mais detalhado
 esse tem menos pernas e partes

1) Desenho de Hooke X meu desenho
 Desenho de Hooke é mais detalhado
 esse tem menos pernas e partes

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Uma vez que toda a construção do Rat1_CB_01 foi orientada pela hipótese dos(as) estudantes de que a habilidade de saltar das pulgas se relacionaria à quantidade de dobras das pernas, entendemos que o que eles(as) estão avaliando são evidências – posto que, entre tantos elementos de comparação de seus desenhos da pulga com o desenho original de Robert Hooke, eles(as) escolheram discorrer sobre a quantidade de pernas e de partes das pernas “O mesmo tem menos pernas e partes”. Os desenhos dos(as) estudantes no Rat1_CB_01 apresentam vários detalhes, assim como o desenho original de Hooke, mas apenas os detalhes que serviram de evidências para responder à questão de investigação foram trazidos na comparação. Os(as) estudantes não colocam à prova as dificuldades de observar as pulgas e formigas ao microscópio; nenhum elemento, característica ou dificuldade da construção dos dados é avaliado.

Não foram encontradas marcas, no Rat1_CB_01, de engajamento nas PECEs de “**Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)**”, “**Argumentação (A04)**”, “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**” e “**Avaliação de Hipótese (A08)**”, mas acreditamos que o trecho do Rat1_CB_01 apresentado abaixo serve de evidência do engajamento na PECE de “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**”.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01 acima.

2) Descrição de Hooke X minha descrição
A descrição é diferente pois fala que as patas se entram e faz um impulso

3) Explicação de Hooke VS minha explicação
Na minha eu não tinha descoberto tudo isso e na de Hooke foi mais detalhada

2) Descrição de Hooke X minha descrição
A descrição é diferente pois fala que as patas se entram e faz um impulso

3) Explicação de Hooke VS minha explicação
Na minha eu não tinha descoberto tudo isso e na de Hooke foi mais detalhada

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

O trecho acima serve de evidência do engajamento na PECE de “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**”, na medida em que os(as) estudantes estão avaliando comparativamente as descrições e desenhos autorais com os originais de Robert Hooke.

Pode-se inferir que o engajamento foi autêntico pois novamente, dentre tantos detalhes que a descrição e a explicação de Hooke apresentam, os(as) estudantes escolheram comparar apenas os aspectos que se relacionam às suas hipóteses de resposta à questão de investigação da atividade. Caso só estivessem seguindo as diretrizes da comanda, “apenas” fazendo escola, seria esperado que versassem também sobre outros aspectos.

No Rat1_CB_01 não foi identificada evidência de engajamento na PECE de “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**”. Para exemplificar a identificação dessa PECE foi trazido o Rat1_CB_05 (na íntegra no ANEXO I). Nesse relatório há evidência de engajamento na PECE de “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**”. No tópico de discussão desse relatório os(as) estudantes afirmam que “... porém não temos certeza de quais pernas, pois a pulga estava de ponta cabeça, o que dificultou a identificação das pernas”. Entendemos que neste trecho os(as) estudantes estão avaliando a forma como a questão foi explorada, criticando a forma prescrita de explorar a questão. Vale lembrar que essa atividade foi classificada como nível de investigação 2 (“*Investigação estruturada: Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) através de um procedimento prescrito*”), segundo classificação de Banchi e Bell (2008). Ou seja: os(as) estudantes estão contestando a eficiência de um procedimento prescrito na comanda da atividade e validado pela autoridade epistêmica da sala de aula, o professor.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_05 abaixo.

6. **Discussão:** Pela que analisamos no microscópio, algumas pernas da pulga eram maiores que as outras, porém não temos certeza de quais pernas, pois a pulga estava de ponta cabeça, o que dificultou a identificação das pernas. Mas acreditamos que a pulga pula mais alto por causa que as pernas maiores dão mais impulso.

6. **Discussão:** Pela que analisamos no microscópio, algumas pernas da pulga eram maiores que as outras, porém não temos certeza de quais pernas, pois a pulga estava de ponta cabeça, o que dificultou a identificação das pernas. Mas acreditamos que a pulga pula alto por causa que as pernas maiores dão mais impulso.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_05.

Em relação às PECEs relacionadas à “**Legitimação do Conhecimento Científico**”, foram encontradas no Rat1_CB_01 apenas evidências do engajamento na PECE de

“**Legitimação de Explicações (L01)**”. Não foram encontradas marcas de engajamento na PECE de “**Legitimação de Conhecimento (argumento) (L02)**” ou de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

A evidência do engajamento na PECE de “**Legitimação de Explicações (L01)**” se compõe da interação de diferentes partes do Rat1_CB_01, reforçando e servindo como exemplo da importância de tomar os relatórios como unidade de análise, e não partes isoladas dos mesmos. No Rat1_CB_01 os estudantes elaboram diferentes hipóteses sobre o que dá às pulgas sua habilidade de saltar. A primeira hipótese é que elas têm várias patas, a segunda que as pulgas são muito leves, a terceira é que possuem um sistema nas pernas para saltar e a quarta hipótese é que têm mais dobras nas pernas. Nos “resultados e conclusões” os estudantes afirmam que a razão das pulgas saltarem tão alto é que elas têm mais dobras nas pernas, trazendo inclusive que a formiga fornecida para comparação tem menos dobras. No nosso entendimento, a apresentação nos “resultados e conclusões” de apenas uma das hipóteses explicativas, e a supressão das outras hipóteses, é indício de que os estudantes construíram consenso de que essa era a melhor explicação – logo, legitimaram a hipótese explicativa de que a maior quantidade de dobras nas pernas é que explica a habilidade de saltar tão alto das pulgas.

O trecho do relatório em que os estudantes comparam sua explicação com a explicação de Robert Hooke também pode ser tomado como marca do engajamento na PECE L01 (“**Legitimação de Explicações**”), pois eles legitimam a explicação de Hooke sem descartar sua própria explicação. Os estudantes vêem a explicação de Hooke como mais completa, mas não a consideram contraditória ou concorrente à explicação adotada e legitimada por eles. Isso é muito interessante já que, como dito no capítulo cinco (4.3. Análise: a SEI “*O Mundo Microscópico*” é mesmo investigativa?), as práticas investigativas tradicionais em sala de aula normalmente têm uma única solução certa, que é a sabida pelo professor e/ou trazida pelos materiais didáticos (livros, fichas de aula e etc) -- e os(as) estudantes aprendem cedo que, na escola, devem apresentar as respostas esperadas para terem sucesso. Ou seja: manter a própria explicação, a despeito de ter sido apresentada uma explicação oficial, pode ser interpretada como evidência de um forte engajamento na investigação como um todo, e particularmente na PECE L01 (“**Legitimação de Explicações**”). Caso a investigação tivesse se dado “apenas” como um processo de cumprir tarefa escolar, seria esperado que os estudantes abandonassem a própria explicação quando fosse apresentada a explicação oficial.

Por fim, a coexistência de explicações diferentes, não concorrentes e possivelmente complementares, é interessante por ser uma das próprias características epistêmicas da ciência Biologia, que é a possibilidade de existirem múltiplas e diferentes explicações para um mesmo fenômeno. Explicações diversas que, ao invés de competir entre si, se somam para melhor explica-lo (Mayr, 2005).

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Hipóteses: Achamos que ela tem várias patas e é leve por isso vai tão alto e eu acho que a pulga tem um sistema na perna que quando vai pular a - faz pular tão alto e a pulga pula mais pois tem mais dobras na perna para aumentar a empulsão

Hipóteses: Achamos que ela tem várias patas e é leve por isso vai tão alto e eu acho que a pulga tem um sistema na perna que quando vai pular a - faz pular tão alto e a pulga pula mais pois tem mais dobras na perna para aumentar a empulsão

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto
Conclusão: Como a formiga não tem dobras a mais nas pernas ela não tem empulso com a perna

Resultados: Eu percebi que as pulgas tem mais dobras nas pernas e pode ser essa a razão por pular alto
Conclusão: Como a formiga não tem dobras a mais nas pernas ela não tem empulso com a perna

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_01.

3) Explicação de Hoake VS minha explicação
Na minha em não tinha descobrido tudo isso e na de Hoake foi mais detalhada

3) Explicação de Hoake VS minha explicação
De não em não tinha descobrido tudo isso e na de Hoake foi mais detalhada

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_01.

No Rat1_CB_01 não foi identificada evidência de engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”, e para exemplificar a identificação dessa PECE foi trazido o Rat1_CB_05 (na íntegra no ANEXO I). A evidência do engajamento nessa prática encontra-se quando na discussão os estudantes afirmam que “... algumas pernas da pulga eram maiores que as outras, porém não temos certeza de quais pernas” e “Mas acreditamos que a pulga pula mais alto por causa que as pernas maiores dão mais impulso”. A articulação dessas duas assertivas dá a entender que os estudantes avaliaram os procedimentos, e apesar de ter críticas (impossibilidade de identificar quais eram as pernas maiores), puderam com esses procedimentos responder a questão de investigação. Ou seja: legitimaram os procedimentos como suficientes para responder a questão de investigação.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_CB_05 acima.

6. **Discussão:** Pelo que analisamos no microscópio, algumas pernas da pulga eram maiores que as outras, porém não temos certeza de quais pernas, pois a pulga estava de ponta cabeça, o que dificultou a identificação das pernas. Mas acreditamos que a pulga pula mais alto por causa que as pernas maiores dão mais impulso.

6. **Discussão:** Pelo que analisamos no microscópio, algumas pernas da pulga eram maiores que as outras, porém não temos certeza de quais pernas, pois a pulga estava de ponta cabeça, o que dificultou a identificação das pernas. Mas acreditamos que a pulga pula mais alto por causa que as pernas maiores dão mais impulso.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_CB_05.

7.1.1.2 Análise dissertativa do relatório da atividade 1 “Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga”, da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.

O Rat1_FS17_01 (cujá íntegra encontra-se nos anexos (ANEXO I) não apresenta evidências de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”, pois a questão trabalhada foi apresentada no relatório de forma idêntica à fornecida pela comanda da atividade. Logo, os estudantes estão apenas seguindo instruções.

Não há evidências de engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”, uma vez que tanto o problema de investigação quanto os

procedimentos seguiram as diretrizes da ficha da atividade da aula 1 “*Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga*”. Ou seja: não se pode considerar que os estudantes se engajaram epistemicamente no planejamento da investigação relatado nesse relatório.

Quanto à PECE “**Realização de Investigação Científica (P03)**” houve evidências de engajamento epistêmico, e não apenas cumprimento de tarefa escolar. A realização da investigação relatada foi além do cumprimento de uma tarefa escolar, pois métodos, resultados e conclusão se inter-relacionam. Nos métodos, os estudantes afirmam ter comparado os insetos e registrado essa comparação por meio de desenhos. Para isso, apresentam desenhos apenas das pernas e não dos insetos inteiros. Por fim, descrevem as diferenças nas pernas dos insetos e concluem que “... Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas”. Focar os desenhos nas pernas dos insetos demonstra que os estudantes não simplesmente cumpriram a tarefa escolar que pedia que os insetos fossem desenhados. Desenhar específica e somente as pernas prova que seus olhares estavam voltados à questão de investigação. Esse tipo de situação foi considerado marca de engajamento epistêmico, assim como as inter-relações entre objetivos, métodos, resultados e conclusão. Em relatórios onde estes elementos se articulam é possível entender que o engajamento foi epistêmico e não apenas reflexo do cumprimento de tarefas escolares.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

2. Materiais e métodos

Peguei a pulga que estava na placa de petri e coloquei na lâmina com a pinça, após isso coloquei a lâmina na mesa de microscópio e focalizei. Após isso foi registrado em forma de desenho e todo o processo foi feito com a formiga.

Os focos foram de 70x e 150x.

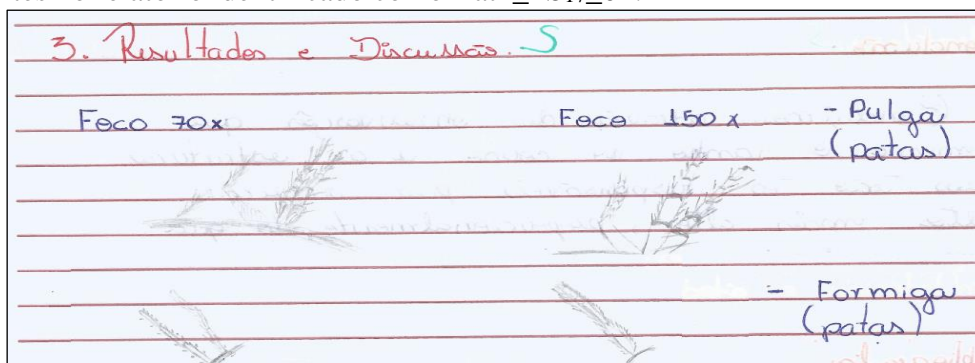
2. materiais e métodos. PS

Peguei a pulga que estava na placa de petri e coloquei na lâmina com a pinça, após isso coloquei a lâmina na mesa do microscópio e focalizei. Após isso foi registrado em forma de desenho e todo o processo foi feito com a formiga.

Os focos foram de 70x e 150x.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Recorte dos desenhos, feitos pelos(as) estudantes, das pernas da pulga e da formiga, presentes no relatório identificado como Rat1_FS17_01:



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Fizemos a comparação das estruturas das patas dos dois insetos estudados, notamos que as pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga, vimos também a olho nu que as mesmas são diferentes. Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas.

Fizemos a comparação das estruturas das patas dos dois insetos estudados, notamos que as pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga, vimos também a olho nu que as mesmas são diferentes. Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

O Rat1_FS17_01 apresenta marcas do engajamento na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”. Os próprios desenhos das pernas podem ser considerados dados, e sua produção determina o engajamento na PECE em questão, pois nos métodos os estudantes relatam que os registros das observações, depois usados para compor argumentos e explicações, foram feitos por meio de desenhos. Ou seja: a observação dos insetos através do microscópio foi a maneira de construir dados para responder a questão de investigação, e os desenhos foram a forma de registrar esses dados.

A ocorrência de engajamento na PECE “**Construção de Evidências (P05)**”, no Rat1_FS17_01, fica clara quando os dados (desenhos das pernas) são transformados em evidências na descrição das diferenças das pernas dos insetos “... pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga” e “Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas”. O trabalho de Silva, Gerolin e Trivelato (2018) trouxe exemplos práticos de como fazer

a diferenciação de dados e evidências, identificando os momentos de transformações dos Dados \xrightarrow{TI} Evidência. No contexto da atividade didática, da qual derivaram os construtos empíricos analisados no trabalho, os estudantes transformavam Dados em Evidências quando interpretavam registros fotográficos buscando reconhecer e produzir evidências para responder a questão de investigação. No contexto da atividade 1 da SEI “O Mundo Microscópico -- Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga”, a transformação de dados em evidências corresponde ao processo de interpretar as observações, que comumente foram registradas por meio de desenhos e não fotos, em busca de algo na estrutura anatômica das pulgas que possa estar relacionado com a habilidade de saltar. Ou seja: buscar, de toda a anatomia (Dados observados), o que poderia estar relacionado à habilidade de saltar (evidências).

Foi considerado haver, no Rat1_FS17_01, evidência de engajamento na PECE de “Elaboração de Hipóteses (P06)”, o que demonstra que a hipótese elaborada não corresponde ao simples cumprimento de uma tarefa escolar: deriva da retomada de elementos dessa na conclusão. Na hipótese, os estudantes supõem que o tamanho e peso das pulgas se relacione à sua habilidade de saltar “... tamanho e peso são facilitadores” (para o salto das pulgas). Na conclusão, legitimam essa hipótese: “... realmente o tamanho de corpo e a estrutura das patas são os responsáveis para realizar os saltos mais altos”. Caso não estivessem epistemicamente engajados na construção de hipóteses, não haveria retomada da mesma na conclusão.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

1.2 Hipóteses.

Acredita-se que possui uma musculatura mais propícia para o salto e também seu tamanho e peso são facilitadores, isto porque a musculatura é responsável pelos movimentos.

1.2 Hipóteses. PS

Acredita-se que possui uma musculatura mais propícia para o salto e também seu tamanho e peso são facilitadores, isto porque a musculatura é responsável pelos movimentos.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

4. Conclusão

Concluímos que através das observações que realmente o tamanho do corpo e a estrutura das patas são os responsáveis para realizar os saltos mais altos, proporcionalmente, do que os outros animais.

4. Conclusão

Concluímos que através das observações que realmente o tamanho do corpo e a estrutura das patas são os responsáveis para realizar os saltos mais altos, proporcionalmente, do que os outros animais.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

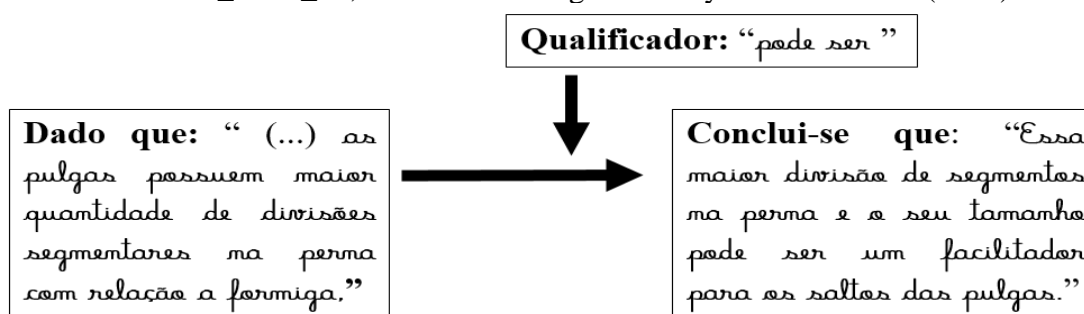
Não foi considerado haver, no Rat1_FS17_01, evidência de engajamento na PECE de “**Construção e/ou uso de Modelos (P07)**”.

Foi considerado que o relato da investigação da atividade 1 “*Aula 1: Robert Hooke e o Salto da Pulga*”, presente no Rat1_FS17_01, reflete não apenas o cumprimento de uma tarefa escolar, mas configura resultado do engajamento na PECE “**Produção de Relatório Científico (C01)**”, pois o relatório em questão constituiu a maneira pela qual os estudantes comunicaram a investigação realizada. Vale trazer também que o relatório produzido apresenta marcas de engajamento em diversas e diferentes PECEs, daí não podendo ser considerado resultado apenas de um “fazer escola”.

No Rat1_FS17_01 há trechos que evidenciaram o engajamento na PECE “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento (C03)**” e não de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”.

O tópico “3. Resultados e Discussão” apresenta o que, após análise, usando-se o novo método para diferenciar Argumentos de Explicações (QUADRO 23), foi considerado como sendo um Argumento.

Figura 26 - Argumento presente na discussão dos resultados feito pelos(as) estudantes no relatório Rat1_FS17_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006)

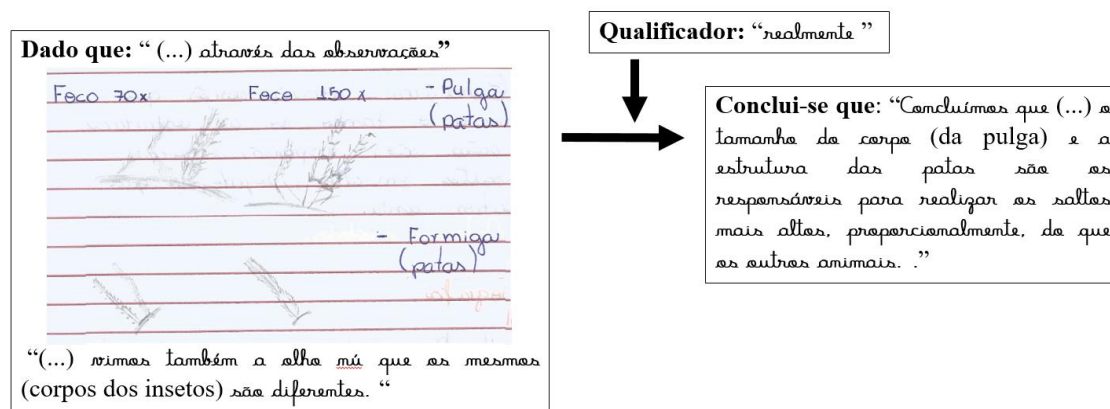


Fonte: Elaborada pelo autor.

O entendimento de que o tópico “3. Resultados e Discussão” apresenta um Argumento e não uma Explicação decorre de que a intenção da assertiva, nesse trecho, é de convencer (o que segundo o proposta de Del-Corso e Trivelato -2017- está relacionada a um Argumento), e não de tornar mais claro um fenômeno, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste (o que estaria relacionado a uma Explicação). Analisando-se a plausibilidade dos elementos desse Argumento, o Dado (D) “... as pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga” é mais plausível, por resultar de uma observação empírica, do que a Conclusão (C): “Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas”. Essa relação de plausibilidade é característica de Argumentos e não de Explicações.

No Rat1_FS17_01 encontra-se outro Argumento, que embute em sua composição trechos dos tópicos “3. Resultados e Discussão” e “4. Conclusão ”.

Figura 27 - Argumento construído a partir da articulação entre os trechos dos tópicos “3. Resultados e Discussão” e “4. Conclusão ” do relatório Rat1_FS17_01, reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

A composição dos trechos dos tópicos “3. Resultados e Discussão” e “4. Conclusão” foi considerada um Argumento e não uma Explicação, pois a composição acima tem a intenção de convencer que os motivos para as pulgas saltarem tão alto são o tamanho do corpo e a estrutura das patas. De acordo com o novo método (QUADRO 23) “Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento”. Caso a composição tivesse a função de apresentar apenas as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, estaria, então, relacionada a uma Explicação. Outro aspecto para se

considerar que trata-se de um Argumento é que os elementos que levaram à sua conclusão são mais plausíveis que a conclusão em si.

O Rat1_FS17_01 contém desenhos tomados como evidência de engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**”. Os desenhos foram considerados inscrições literárias, realizadas epistemicamente, por diferentes motivos. No tópico “2. *Materiais e métodos*” os estudantes afirmam que a observação através do microscópio da pulga e da formiga “... foi registrada em forma de desenho” – uma evidência de que houve compreensão da função epistêmica de desenhar os insetos. Ou seja: os desenhos não foram mero cumprimento da tarefa escolar. Outro motivo para se considerar que houve engajamento epistêmico na confecção das inscrições literárias é que os desenhos não foram feitos dos insetos inteiros, mas apenas das partes (pernas) relacionadas à habilidade de saltar. Ou seja: as observações, bem como o registro das mesmas, foram influenciados pela investigação, o que foi compreendido como marca de engajamento epistêmico. Por fim, o fato das observações terem sido usadas para compor o Argumento foi mais um motivo para se considerar haver engajamento epistêmico na produção dos desenhos.

No Rat1_FS17_01 encontrou-se evidência de engajamento na PECE “**Descrição (C05)**”, uma vez que as descrições foram feitas apenas das partes dos insetos relacionadas à sua habilidade de saltar -- ou seja, as descrições, assim como os desenhos, foram feitas influenciadas pelos objetivos da investigação, e não apenas para cumprir uma tarefa da ficha de atividade (fazer escola). O direcionamento do olhar, e a opção por comunicar no relatório apenas o que se relaciona aos objetivos da investigação foi considerado marca de engajamento epistêmicos nas PECEs.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Fizemos a comparação das estruturas das patas dos dois insetos estudados, notamos que as pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga, vimos também a olho nú que as mesmas são diferentes. Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas.

Fizemos a comparação das estruturas das patas dos dois insetos estudados, notamos que as pulgas possuem maior quantidade de divisões segmentares na perna com relação a formiga, vimos também a olho nu que as mesmas são diferentes. Essa maior divisão de segmentos na perna e o seu tamanho pode ser um facilitador para os saltos das pulgas.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

Não há evidências, no Rat1_FS17_01, de engajamento nas PECEs de “Exemplificação (C06)”, “Avaliação dos Dados/informações (A01)”, “Avaliação das Evidências (A02)”, “Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)”, “Argumentação (A04)”, “Avaliação de Explicação Científica (A05)”, “Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)” e “Avaliação de Modelo (A07)”.

O Rat1_FS17_01 apresenta o registro das hipóteses dos autores do relatório:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

1.2 Hipóteses.

Acredita-se que possui uma musculatura mais propícia para o salto e também seu tamanho e peso são facilitadores, isto porque a musculatura é responsável pelos movimentos.

1.2 Hipóteses. PS
Acredita-se que possui uma musculatura mais propícia para o salto e também seu tamanho e peso são facilitadores, isto porque a musculatura é responsável pelos movimentos.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat1_FS17_01.

A consideração de que houve engajamento na PECE “Avaliação de Hipótese (A08)” tem como indício a retomada de elementos da hipótese formulada no tópico “4. Conclusão”, no qual os estudantes afirmam que “... realmente o tamanho do corpo e a estrutura das patas são os responsáveis para realizar os saltos mais altos, proporcionalmente, do que os outros animais”. Foi considerado que neste trecho os estudantes estão avaliando suas hipóteses e também legitimando as mesmas, motivo pelo qual esse trecho foi considerado também indício de engajamento na PECE “Legitimação de Conhecimentos (argumento) (L02)”.

O indício de que houve engajamento na PECE “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”, é encontrado também no tópico “4. *Conclusão*”, quando os estudantes afirmam que “*Concluimos através das observações que realmente...*”. Ou seja: eles estão legitimando o procedimento adotado (observação comparativas dos insetos) para responder ao objetivo da investigação.

Não há evidências, no Rat1_FS17_01, de engajamento nas PECEs de “**Legitimação de Explicações (L01)**”.

7.2 Sistematização das análises dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*” no que tange ao engajamento em PECEs

O tópico anterior (7.1), e suas subdivisões, apresentaram as análises de uma amostra dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI “*O Mundo Microscópico*”. Essas análises trouxeram uma extensa descrição do trabalho interpretativo e apresentaram as justificativas que permitiram identificar as PECEs nos relatórios.

O tópico atual (7.2) traz a sistematização, na forma de quadros, tabelas e gráficos, das PECEs encontradas em cada um dos relatórios derivados de cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI. Primeiro (7.2.1) serão apresentadas as PECEs encontradas em todos os relatórios na forma de uma tabela (TABELA 07). Esta tabela recebe então diferentes tratamentos para compor gráficos e outras tabelas que permitam visualizar a distribuição das PECEs e responder as questões de investigação.

7.2.1 Tabela com as PECEs encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “*O Mundo Microscópico*”.

O número um (1) identifica a presença da PECE no relatório e o número zero (0) marca a ausência. Esta primeira tabela (TABELA 7) visa apresentar os dados das análises de todos os 146 relatórios, não apenas daqueles nove que serviram de amostra do trabalho interpretativo. Esta tabela apresenta resultados para discutir como a SEI “*O Mundo Microscópico*” contribuiu para o processo de Alfabetização Científica (AC).

Tabela 6 - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “*O Mundo Microscópico*”.

Nome	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação								Legitimação		
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipotese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Rat1_CB_01	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_02	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_03	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_04	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_05	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
Rat1_CB_06	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_07	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_08	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_09	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_10	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_11	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_12	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Rat1_CB_13	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Rat1_CB_14	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_15	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Tabela 7 (parte II) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	Construção de Inscricões Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipotese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat1_CB_16	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_17	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_18	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_19	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_20	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_21	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Rat1_CB_22	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_23	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_24	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_25	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_26	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_27	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Rat1_CB_28	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Rat1_CB_29	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat1_CB_30	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Tabela 8 (parte III) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação								Legitimação		
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat1_CB_31	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_32	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat1_CB_33	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Rat1_CB_34	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
Rat1_CB_35	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5	0	35	35	26	30	2	34	22	10	14	35	0	30	19	2	0	24	1	0	12	24	5	1
Rat1_FS17_01	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rat1_FS17_02	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rat1_FS17_03	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rat1_FS17_04	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Rat1_FS17_05	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
Rat1_FS17_06	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Rat1_FS17_07	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rat1_FS17_08	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1

Tabela 9 (parte IV) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat1_FS17_09	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Rat1_FS18_10	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Rat1_FS18_11	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Rat1_FS19_12	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
Rat1_FS19_13	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1
Rat1_FS19_14	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Rat1_FS19_15	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Total	0	1	15	15	14	13	0	15	10	14	11	15	2	10	6	4	0	6	6	0	4	8	14	9
Rat2_CB_01	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Rat2_CB_02	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat2_CB_03	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat2_CB_04	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat2_CB_05	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Rat2_CB_06	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0

Tabela 10 (parte V) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat2_CB_07	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Rat2_CB_08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Rat2_CB_09	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat2_CB_10	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat2_CB_11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat2_CB_12	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat2_CB_13	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat2_CB_14	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat2_CB_15	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Total	0	0	11	0	0	13	11	0	11	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	6	10	0	0
Rat3_CB_01	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	1
Rat3_CB_02	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_03	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_04	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabela 11 (parte VI) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

Nome	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação								Legitimação		
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Rat3_CB_05	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_06	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_07	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_08	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_09	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_10	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_11	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rat3_CB_12	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_13	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_14	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rat3_CB_15	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_16	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
Rat3_CB_17	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_18	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_CB_19	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Tabela 12 (parte VII) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat3_CB_20	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Total	14	20	20	19	18	2	0	20	0	19	16	18	0	1	0	1	0	0	1	0	3	0	19	20
Rat3_FS19_01	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Rat3_FS19_02	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rat3_FS19_03	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rat3_FS19_04	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_FS19_05	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Rat3_FS18_06	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_FS18_07	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Rat3_FS17_08	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rat3_FS17_09	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rat3_FS17_10	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat3_FS17_11	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat3_FS17_12	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabela 13 (parte VIII) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação								Legitimação		
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat3_FS17_13	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Rat3_FS17_14	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rat3_FS17_15	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rat3_FS17_16	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat3_FS17_17	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	4	12	17	17	15	8	0	17	2	14	16	17	1	1	1	2	2	0	4	0	5	0	14	9
Rat4_CB_01	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
Rat4_CB_02	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Rat4_CB_03	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat4_CB_04	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Rat4_CB_05	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Rat4_CB_06	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat4_CB_07	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Rat4_CB_08	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Tabela 14 (parte IX) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat4_CB_09	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Rat4_CB_10	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Total	2	6	9	8	6	9	0	9	10	0	1	8	0	2	0	0	0	1	2	0	5	10	0	5
Rat4_FS19_01	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
Rat4_FS19_02	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat4_FS19_03	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Rat4_FS19_04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat4_FS19_05	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Rat4_FS18_06	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat4_FS18_07	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Rat4_FS17_08	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Rat4_FS17_09	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Rat4_FS17_10	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Rat4_FS17_11	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Tabela 15 (parte X) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat4_FS17_12	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Rat4_FS17_13	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rat4_FS17_14	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Rat4_FS17_15	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rat4_FS17_16	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Total	1	4	15	15	15	9	0	15	14	4	5	15	0	2	0	0	0	0	1	0	3	14	5	9
Rat5_CB_01	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_02	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rat5_CB_03	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_04	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rat5_CB_05	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat5_CB_06	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Rat5_CB_07	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_08	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabela 16 (parte XI) - Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento em cada um dos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar as atividades da Sequência de Ensino por Investigação intitulada “O Mundo Microscópico”.

	Produção/Proposição							Comunicação						Avaliação						Legitimação				
	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	Planejamento de Investigação Científica (P02)	Realização de Investigação Científica (P03)	Construção de Dados (P04)	Construção de Evidências (P05)	Elaboração de Hipóteses (P06)	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	Produção de Relatório Científico (C01)	Comunicação de Explicação Científica (C02)	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento	Construção de Inscrições Literárias (C04)	Descrição (C05)	Exemplificação (C06)	Avaliação dos Dados/informações (A01)	Avaliação das Evidências (A02)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico	Argumentação (A04)	Avaliação de Explicação Científica (A05)	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão	Avaliação de Modelo (A07)	Avaliação de Hipótese (A08)	Legitimação de Explicações (L01)	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	Legitimação de Procedimentos (L03)
Nome	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	C01	C02	C03	C04	C05	C06	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	L01	L02	L03
Rat5_CB_09	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_10	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
Rat5_CB_11	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_12	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_13	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Rat5_CB_14	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_CB_15	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Total	14	15	12	12	10	1	0	12	2	11	5	10	0	3	0	3	0	0	1	0	1	2	12	12
Rat5_FS18_01	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rat5_FS18_02	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rat5_FS17_03	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3	3	3	3	2	0	1	3	0	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

Fonte: elaborada pelo autor

7.2.2 Análises das quantidades e da frequência de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nas produções escritas (relatórios) produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI “O Mundo Microscópico”.

Na primeira tabela (TABELA 7) deste subtópico são apresentadas as quantidades de relatórios, que variam por diferentes motivos, por exemplo: mais ou menos estudantes faltarem, professor ministrante escolher fazer grupos mais ou menos numerosos e mais ou menos grupos não entregarem as próprias produções.

Tabela 17 - Número de relatórios produzidos após cada aula/atividade da SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade	Número de relatórios por atividade
Rat1_CB Aula/atividade "Robert Hooke e o Salto da Pulga"	35
Rat1_FS Aula/atividade "Robert Hooke e o Salto da Pulga"	15
Rat2_CB Aula/atividade "O Problema do Submarino"	15
Rat2_FS Aula/atividade "Densidade X Flutuabilidade"	0
Rat3_CB Aula/atividade "Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio"	20
Rat3_FS Aula/atividade "Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio"	17
Rat4_CB Aula/atividade "Robert Hooke e a Cortiça"	10
Rat4_FS Aula/atividade "Robert Hooke e a Cortiça"	16
Rat5_CB Aula/atividade "Investigando como no Micrographia"	15
Rat5_FS Aula/atividade "Investigando como no Micrographia"	3
Total de relatórios da SEI	146

Fonte: Elaborada pelo autor.

A segunda tabela (TABELA 8) deste subtópico apresenta a quantidade de PECEs para as quais foram encontradas evidências de engajamento nos relatórios. Esta tabela foi organizada com as quantidades absolutas de cada uma das PECEs.

Tabela 18 - Quantidades de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nas produções escritas (relatórios) produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades investigativas que compõem a SEI “*O Mundo Microscópico*”.

	PECEs	Rat1_CB	Rat1_FS	Rat2_CB	Rat3_CB	Rat3_FS	Rat4_CB	Rat4_FS	Rat5_CB	Rat5_FS	Total
Produção/Proposição	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	5	0	0	14	4	2	1	14	3	43
	Planejamento de Investigação Científica (P02)	0	1	0	20	12	6	4	15	3	61
	Realização de Investigação Científica (P03)	35	15	11	20	17	9	15	12	3	137
	Construção de Dados (P04)	35	15	0	19	17	8	15	12	3	124
	Construção de Evidências (P05)	26	14	0	18	15	6	15	10	2	106
	Elaboração de Hipóteses (P06)	30	13	13	2	8	9	9	1	0	85
	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	2	0	11	0	0	0	0	0	1	14
Comunicação	Produção de Relatório Científico (C01)	34	15	0	20	17	9	15	12	3	125
	Comunicação de Explicação Científica (C02)	22	10	11	0	2	10	14	2	0	71
	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	10	14	0	19	14	0	4	11	1	73
	Construção de Inscrições Literárias (C04)	14	11	0	16	16	1	5	5	3	71
	Descrição (C05)	35	15	0	18	17	8	15	10	2	120
	Exemplificação (C06)	0	2	0	0	1	0	0	0	1	4
Avaliação	Avaliação dos Dados/informações (A01)	30	10	0	1	1	2	2	3	0	49
	Avaliação das Evidências (A02)	19	6	0	0	1	0	0	0	0	26
	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)	2	4	4	1	2	0	0	3	0	16
	Argumentação (A04)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Avaliação de Explicação Científica (A05)	24	6	0	0	0	1	0	0	0	31

	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	1	6	0	1	4	2	1	1	0	16
	Avaliação de Modelo (A07)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Avaliação de Hipótese (A08)	12	4	6	3	5	5	3	1	0	39
Legitimação	Legitimação de Explicações (L01)	24	8	10	0	0	10	14	2	0	68
	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	5	14	0	19	14	0	5	12	1	70
	Legitimação de Procedimentos (L03)	1	9	0	20	9	5	9	12	1	66
	Total	366	192	67	211	178	93	146	138	27	1.418

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um primeiro aspecto das tabelas acima (TABELAS 7 e 8) é que houve 1.418 evidências de engajamento em PECEs nas 146 produções analisadas. Isso significa uma média de quase dez (9,71) PECEs em cada relatório. Esse dado pode, mesmo não havendo uma possibilidade de comparação, já que a ferramenta e a SEI são novas, servir para considerar que a SEI “*O Mundo Microscópico*” foi efetiva no engajamento em PECEs. Isso reforça o que diz a literatura da área, que traz o Ensino por Investigação como uma metodologia muito profícua para a promoção da Alfabetização Científica, principalmente em relação ao seu segundo eixo estruturante (as PE, inclusive, são consideradas um dos aspectos da NdC).

Outro aspecto a ser analisado é que as PECEs com maior presença nos relatórios são as de: “**Realização de Investigação Científica (P03)**”, em 137 relatórios; “**Construção de Dados (P04)**”, em 124; “**Produção de Relatório Científico (C01)**” em 125; e “**Descrição (C05)**” em 120. Já as PECEs com menor presença foram as de: “**Exemplificação (C06)**”, com quatro; “**Argumentação (A04)**”, com duas; e “**Avaliação de Modelo (A07)**”, com apenas uma. Esses dados apresentam uma variação muito grande: algumas PECEs são muito frequentes, estando em mais de 120 relatórios, e outras são muito raras, aparecendo em menos de cinco. Isso indica que a SEI favorece o engajamento em algumas PECEs e não em outras. É importante considerar que o engajamento em algumas PECEs pode não estar evidente nos relatórios escritos, mas ter ocorrido na oralidade, que não foi alvo de análise nesta tese.

No sentido de aprofundar as análises foi necessário ponderar que o número de relatórios produzidos pelos(as) estudantes varia tanto entre as instituições (Colégio Brasília – CB; Faculdade SESI de Educação – FS), como, dentro de cada instituição, entre as diferentes atividades (vide TABELA 7). Para isso a quantidade de PECES encontradas nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes foi dividida pela quantidade de relatórios, obtendo-se assim a frequência relativa de cada PECE em cada atividade de cada instituição. Por exemplo: a aula/atividade um, no Colégio Brasília, culminou na elaboração, pelos(as) estudantes, de 35 relatórios. Nesses 35 relatórios foram encontradas evidências de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**” em cinco relatórios -- ou seja, em 14%.

Para realizar análises mais detalhadas sobre o engajamento dos estudantes nas diferentes PECES foi construído um gráfico (GRÁFICO 5) com as frequências das PECES na SEI "*O Mundo Microscópico*". Esse gráfico permite estabelecer parâmetros para analisar frequências de engajamento nas PECES para cada uma das atividades (TABELA 9) através da comparação com a frequência de engajamento na SEI como um todo (GRÁFICO 5). A construção deste se deu a partir das frequências de cada PECE encontrada na coluna da direita da tabela nove.

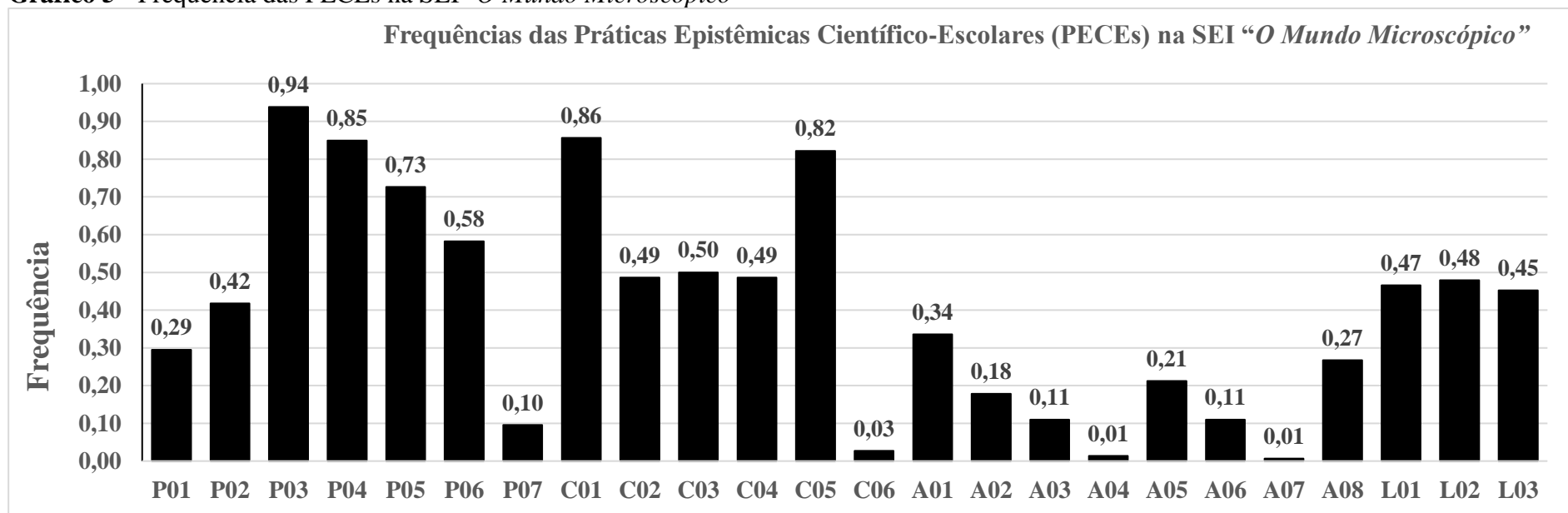
Tabela 19 - Frequências das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs) para as quais foram encontradas evidências de engajamento nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar cada uma das atividades que compõem a SEI.

	PECEs	Rat1_CB	Rat1_FS	Rat2_CB	Rat3_CB	Rat3_FS	Rat4_CB	Rat4_FS	Rat5_CB	Rat5_FS	Frequência da PECE na SEI como um todo
Produção/Proposição	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)	0,14	0,00	0,00	0,70	0,24	0,20	0,06	0,93	1,00	0,29
	Planejamento de Investigação Científica (P02)	0,00	0,07	0,00	1,00	0,71	0,60	0,25	1,00	1,00	0,42
	Realização de Investigação Científica (P03)	1,00	1,00	0,73	1,00	1,00	0,90	0,94	0,80	1,00	0,94
	Construção de Dados (P04)	1,00	1,00	0,00	0,95	1,00	0,80	0,94	0,80	1,00	0,85
	Construção de Evidências (P05)	0,74	0,93	0,00	0,90	0,88	0,60	0,94	0,67	0,67	0,73
	Elaboração de Hipóteses (P06)	0,86	0,87	0,87	0,10	0,47	0,90	0,56	0,07	0,00	0,58
	Construção e/ou uso de Modelos (P07)	0,06	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,10
Comunicação	Produção de Relatório Científico (C01)	0,97	1,00	0,00	1,00	1,00	0,90	0,94	0,80	1,00	0,86
	Comunicação de Explicação Científica (C02)	0,63	0,67	0,73	0,00	0,12	1,00	0,88	0,13	0,00	0,49
	Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)	0,29	0,93	0,00	0,95	0,82	0,00	0,25	0,73	0,33	0,50
	Construção de Inscrições Literárias (C04)	0,40	0,73	0,00	0,80	0,94	0,10	0,31	0,33	1,00	0,49
	Descrição (C05)	1,00	1,00	0,00	0,90	1,00	0,80	0,94	0,67	0,67	0,82
	Exemplificação (C06)	0,00	0,13	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,33	0,03
Avaliação	Avaliação dos Dados/informações (A01)	0,86	0,67	0,00	0,05	0,06	0,20	0,13	0,20	0,00	0,34
	Avaliação das Evidências (A02)	0,54	0,40	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)	0,06	0,27	0,27	0,05	0,12	0,00	0,00	0,20	0,00	0,11
	Argumentação (A04)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	Avaliação de Explicação Científica (A05)	0,69	0,40	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,21

	Avaliação Formas Explorar Cientificamente Questão (A06)	0,03	0,40	0,00	0,05	0,24	0,20	0,06	0,07	0,00	0,11
	Avaliação de Modelo (A07)	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	Avaliação de Hipótese (A08)	0,34	0,27	0,40	0,15	0,29	0,50	0,19	0,07	0,00	0,27
Legitimação	Legitimação de Explicações (L01)	0,69	0,53	0,67	0,00	0,00	1,00	0,88	0,13	0,00	0,47
	Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)	0,14	0,93	0,00	0,95	0,82	0,00	0,31	0,80	0,33	0,48
	Legitimação de Procedimentos (L03)	0,03	0,60	0,00	1,00	0,53	0,50	0,56	0,80	0,33	0,45
	Frequência da PECE na aula/atividade	0,44	0,53	0,19	0,44	0,44	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38

Fonte: Elaborada pelo autor.

Gráfico 5 - Frequência das PECEs na SEI "*O Mundo Microscópico*"



Fonte: Elaborada pelo autor.

Um aspecto interessante em relação à PECE “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**” é que sua frequência é bem mais alta (0,93 e 1,00 para respectivamente Colégio Brasília e FASESP) nos relatórios produzidos pelos(as) estudantes após vivenciar a atividade 5 (“*Investigando como no Micrographia*”) do que em comparação com a frequência dessa PECE na SEI como um todo (0,29). Isso era esperado, já que esta apresenta nível de investigação quatro da classificação de Banchi e Bell (2008)⁴⁹, situação em que até mesmo as questões de investigação ficam a cargo dos estudantes. As outras atividades apresentam níveis de investigação para os quais os objetivos das investigações não são de prerrogativa dos estudantes, mas estão pré-estabelecidos. Para as outras atividades, com exceção da atividade “*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*” no Colégio Brasília, a frequência de evidência de engajamento na PECE P01 foi inferior a 0,25. Esse dado serve então de primeira evidência de que diferentes níveis de investigação tendem a promover engajamento em diferentes PECEs. A alta frequência (0,70) de engajamento na PECE P01 nos relatórios do Colégio Brasília destoa do que era esperado para uma atividade em que a questão de investigação era fornecida na comanda da atividade. Destoa também das outras atividades que não eram investigações abertas (nível quatro) e dos relatórios produzidos para a mesma atividade na FASESP (0,24). O observador das aulas no Colégio Brasília ressaltou que o professor ministrante deu ênfase à correlação entre a quantidade de fios num tecido e seu preço – razão pela qual muitos estudantes, além de investigar a quantidade de fios que compunham cada uma das amostras de tecido (comanda da atividade) se propuseram a investigar os valores (preços) relativos dos tecidos. Vide como exemplo o trecho abaixo, retirado do Rat3_CB_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_01.

2. Objetivo

Saber qual é o mais barato e o mais caro, contando as linhas que seria o trama e o urdume.

2. Objetivo

Saber qual é o mais barato e o mais caro, contando as linhas que seria o trama e o urdume.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_01.

⁴⁹ **Nível 1 – Confirmação da investigação:** Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência; **2 – Investigação estruturada:** Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) através de um procedimento prescrito; **3 - Investigação orientada:** Os(as) estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo(a) professor(a) usando os procedimentos por eles(as) projetados; e **4 - Investigação aberta:** Osas estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles(as) mesmos(as) através de procedimentos também autorais. (BANCHI e BELL, 2008).

Quanto à PECE “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”, pode ser observado que o engajamento atinge seus maiores índices nos relatórios produzidos após os estudantes vivenciarem a atividade 3 (“*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*”) com 1,00 e 0,71 (respectivamente Colégio Brasília e FASESP) e a atividade 5 (“*Investigando como no Micrographia*”) com 1,00 em ambas as instituições. A frequência média na SEI como um todo foi de 0,42 e as demais atividades, fora a atividade 4 (“*Robert Hooke e a Cortiça*”) do Colégio Brasília, apresentam sempre frequência igual ou inferior a 0,25. Estas frequências servem como uma segunda evidência da existência de relação entre os níveis de investigação⁷⁵ e o fomento a determinadas PECEs. Isso porque nas investigações orientadas (nível 3 na classificação de Banchi e Bell, 2008) a autonomia para desenvolver procedimentos passa a ser dos estudantes. Nas investigações de confirmação ou estruturadas, os procedimentos são prescritos nas comandas das atividades – ou seja, o engajamento no planejamento das investigações (P02) seria, de acordo com os dados, favorecido quando os estudantes é que elaboram os procedimentos, já que esses últimos não estão prescritos.

A expectativa inicial era que a atividade 4 (“*Robert Hooke e a Cortiça*”) também apresentasse uma alta frequência de engajamento na PECE P02, já que havia sido elaborada para ter nível de investigação 3 (“Investigação orientada”). Acontece que a disponibilização de lâminas de cortiça e de cenouras pelos ministrantes da SEI parece ter induzido os procedimentos⁵⁰. Com isso, o nível de investigação mudaria, passando a ser uma investigação estruturada ou algo entre estruturada e orientada. A consequência foi um menor engajamento na PECE P02.

A PECE “**Realização de Investigação Científica (P03)**” é a mais frequente (0,94) na SEI toda. A principal consideração a ser feita em relação a esse dado se deve ao fato de que a SEI “*O Mundo Microscópico*” teve como referência para sua elaboração o Ensino por Investigação. Logo, era esperado uma grande frequência de registros com evidências de engajamento na PECE em questão. As atividades com menor frequência nesta PECE correspondem às aulas 2 (“*O Problema do Submarino*”) e 5 (“*Investigando como no Micrographia*”), ambas do Colégio Brasília, com 0,73 e 0,80. No caso da atividade 2, vale lembrar que não foi pedida a elaboração de um registro da atividade: alguns grupos de estudantes é que, espontaneamente, se engajaram em elaborar registros

⁵⁰ As questões de investigação da atividade 4 (“*Robert Hooke e a Cortiça*”) versavam sobre quais os motivos que levam a cortiça a ser leve, elástica, pouco densa e flutuar tão bem na água.

das investigações. Em relação à PECE “**Produção de Relatório Científico (C01)**” a frequência foi considerada 0,00: isso significa que os registros não foram feitos nos moldes de um relatório científico, o que pode ter influenciado a obtenção de evidências da PECE “**Realização de Investigação Científica (P03)**”. Caso fossem analisadas as vídeo-gravações dessa atividade 2 talvez fossem encontradas mais evidências de engajamento na PECE P03. Quanto à investigação autoral do Colégio Brasília, alguns estudantes esqueceram de trazer os materiais para as próprias investigações, mas cumpriram uma tarefa escolar e elaboraram relatórios. É interessante notar, quanto a isso, que a frequência de P01 foi de 0,93 e de P02 foi de 1,00, e as frequências das PECEs “**Construção de Dados (P04)**”, “**Produção de Relatório Científico (C01)**” e “**Legitimação de Procedimentos (L03)**” foram de 0,80 -- e nenhuma outra PECE excedeu a isso, o que permite conjecturar que alguns grupos planejaram suas investigações autorais (P02), inclusive elaborando questões (P01), mas apenas 80% as realizaram (P03). Para os grupos que não realizaram suas investigações (1,00 – 0,80 = 0,20) não houve evidência de engajamento nas PECEs P04, C01 e L03. Na tabela oito (TABELA 8) isso pode ser verificado.

A PECE “**Construção de Dados (P04)**” também é muito frequente (0,85) na SEI “*O Mundo Microscópico*”. Esta frequência é ainda maior se forem descontados os registros da atividade 2 (“*O Problema do Submarino*”), os quais não foram comunicados por relatórios científicos (“**Produção de Relatório Científico (C01)**” que pedem em sua constituição canônica um tópico de resultados. A frequência, descontada a atividade 2, passaria então para 0,94 dos relatórios das outras atividades. Essas informações podem servir para embasar a importância da produção de relatórios como produto de comunicação de investigações científicas.

De acordo com o *Continuum EE* (Evidência-Explicação) de Kelly e Duschl (2002) (FIGURA 26), dados podem ser transformados em evidências, sendo que essas duas coisas seriam diferentes, e a transformação do primeiro (dados) no segundo (evidências) corresponderia a um momento propício para o engajamento em Práticas Epistêmicas. No caso desta tese, em que foram analisados relatórios escritos, é interessante notar que a frequência de relatórios para os quais podem ser encontradas evidências de engajamento na PECE “**Construção de Dados (P04)**” (0,84) é maior que na PECE “**Construção de Evidências (P05)**” (0,73). Isso pode servir para conjecturar que alguns grupos de estudantes construíram dados, mas não transformaram os mesmos em evidências. Esta

diferença de frequência entre P04 e P05 reforça a opção, adotada na construção da ferramenta de análise de engajamento em PECEs, de considerar P04 como PECE diferente de P05. Vale notar também, na tabela seis (TABELA 6), que há dois relatórios para os quais foi considerado haver indícios de engajamento na P05, sem ter havido indício de engajamento em P04. Isso não constitui informação contrária à proposição de Kelly e Duschl (2002) de que dados são transformados em evidências, já que a construção de dados, e sua transformação em evidências, pode ter ocorrido apenas oralmente, e por isso não foi encontrada nos registros escritos.

Quanto à PECE “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”, as atividades 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” (em ambas instituições), a atividade 2 “*O Problema do Submarino*” (Colégio Brasília) e a atividade 4 “*Robert Hooke e a Cortiça*” (apenas na FASESP), apresentam frequência superior a 0,87. A atividade 4 “*Robert Hooke e a Cortiça*” (no Colégio Brasília) e atividade 3 “*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*” (FASESP) foram superiores a 0,47. A atividade 3 “*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*” (Colégio Brasília) apresentou frequência de 0,10. O que chama a atenção aqui é a baixa frequência de relatórios que apresentaram evidência de engajamento nesta PECE após o desenvolvimento da investigação autoral (atividade 5 “*Investigando como no Micrographia*”) de ambas as instituições: respectivamente 0,07 e nenhuma (0,00). Esse dado pode ser usado para apoiar as considerações, de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) e de Banchi e Bell (2008) de que níveis mais altos de autonomia em atividades investigativas não seriam inerentemente melhores: a atividade 5, que apresenta o maior nível de investigação, foi aquela com menos evidências de engajamento nessa PECE.

A PECE “**Construção e/ou uso de Modelos (P07)**” apresenta baixíssima frequência na SEI como um todo (0,10). Aqui, o que também chama a atenção é que a atividade 2 “*O Problema do Submarino*” destoa das demais atividades, já que apresenta frequência de 0,73. Esta atividade é a única em que a natureza do conhecimento abordado é proveniente da Física. Os resultados aqui apresentados podem servir para levantar questões sobre as diferentes áreas do ensino de ciências e suas particularidades no que tange ao incentivo a diferentes PECEs.

Poder-se-ia pensar que a PECE “**Produção de Relatório Científico (C01)**” não tivesse validade, uma vez que as análises são de relatórios, mas o que se observa é que a frequência de relatórios para os quais foram encontradas evidências de engajamento nesta

PECE não é de 100%. Isso pois podem ser feitos registros das investigações sem que esses configurem relatórios científicos epistemicamente construídos. Como exemplo mais evidente disso veja o caso da atividade dois “*O Problema do Submarino*”, para a qual não foi encontrado nenhuma evidência de engajamento na PECE (C01) em nenhum dos registros derivados desta atividade. Na atividade 5 “*Investigando como no Micrographia*” do Colégio Brasília, alguns grupos planejaram as investigações, mas como não realizaram as mesmas e por isso seus registros acabaram por não apresentar evidência de engajamento na PECE (C01).

Em diversas situações foram identificados trechos dos relatórios que tinham o potencial de ser uma Explicação ou um Argumento – a depender disso constituiriam evidência de engajamento na PECE “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**” ou na “**Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)**”. Por isso, é interessante discorrer mais aprofundadamente sobre essas PECEs, razão pela foi construída a tabela abaixo (TABELA 10).

Tabela 20 - Número de relatórios produzidos após cada atividade da SEI “*O Mundo Microscópico*” com evidência de engajamento nas PECEs C02, C03 ou ambas

Aula/atividade	C02	C03	Ambas
Rat1_CB Aula/atividade “ <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ”	19	7	3
Rat1_FS Aula/atividade “ <i>Robert Hooke e o Salto da Pulga</i> ”	1	5	9
Rat2_CB Aula/atividade “ <i>O Problema do Submarino</i> ”	11	0	0
Rat3_CB Aula/atividade “ <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i> ”	0	19	0
Rat3_FS Aula/atividade “ <i>Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio</i> ”	0	12	2
Rat4_CB Aula/atividade “ <i>Robert Hooke e a Cortiça</i> ”	10	0	0
Rat4_FS Aula/atividade “ <i>Robert Hooke e a Cortiça</i> ”	10	1	3
Rat5_CB Aula/atividade “ <i>Investigando como no Micrographia</i> ”	1	1	9
Rat5_FS Aula/atividade “ <i>Investigando como no Micrographia</i> ”	0	1	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Perguntas do tipo “**Por quê/Como?**” comumente levam à construção de Explicações, e perguntas do tipo “**O quê/Quais**” levam à construção de Argumentos (MEYER e EL-HANI, 2005). Observe que a atividade 2 “*O Problema do Submarino*” perguntava “**Como** um submarino faz para emergir e submergir?” e, como consequência, apresenta majoritariamente a “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”. A

atividade 4 "*Robert Hooke e a Cortiça*" também apresentava principalmente essa PECE e as perguntas eram:

“(1º) Primeiro, **por que** esse corpo é tão leve? (2º) Segundo, nada pareceu mais difícil do que dar uma razão inteligível **do porquê** da cortiça ser um corpo tão inapto a absorver água e embeber-se nela e, conseqüentemente, preservar-se, flutuando na superfície d’água, mesmo que por muito tempo; (...)E (3º) terceiro, se perguntarmos: **por que** a cortiça quando comprimida tem tal elasticidade e capacidade de dilatar? E como ela pode sofrer tão grandes compressões, ou visível redução de dimensões, [...] e [...] voltar a se estender pelo mesmo espaço?” (tradução do original de Hooke, XXXX)

Já a atividade 3 "*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*" apresenta principalmente evidência de engajamento em “**Comunicação do Conhecimento Científico via Argumento (C03)**”, e sua comanda pedia para: “*Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando para isso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama*” – questão que poderia ser entendida como: “**Qual** a quantidade de fios que compõem a trama das amostras fornecidas?”.

Nesta tese, a ferramenta de diferenciação de Argumentos de Explicações de Del-Corso e Trivelato (2017) foi complementada, para auxiliar na desambiguação, com ferramentas pensadas a partir do trabalho de Meyer e El-Hani (2005). Os dados apresentados acima são interessantes pois valorizam esta junção como uma possibilidade a mais de enriquecer os procedimentos que diferenciam Argumentos e Explicações na criação de um novo método (QUADRO 23).

O padrão apresentado anteriormente, entre tipo de questão e resposta, não pode ser observado quando se trata da atividade 5 "*Investigando como no Micrographia*", já que aqui as questões de investigação não são prescritas e desta forma os estudantes fizeram perguntas tanto dos tipos “**Por quê/Como?** ” quanto “**O quê/Quais**”. A atividade 1 "*Robert Hooke e o Salto da Pulga*" apresenta, na comanda da atividade, como questão condutora “**Por que** as pulgas pulam mais alto...”. Acontece que alguns estudantes responderam esta questão trazendo **como** as pulgas pulam, e outros responderam **por que** as pulgas pulam? . É interessante notar também que estas atividades (1 e 5) apresentam evidências tanto de engajamento nas PECEs C02 e C03.

Na PECE “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**” as maiores frequências (0,80 e 0,94) aparecem após a atividade 3 "*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*”.

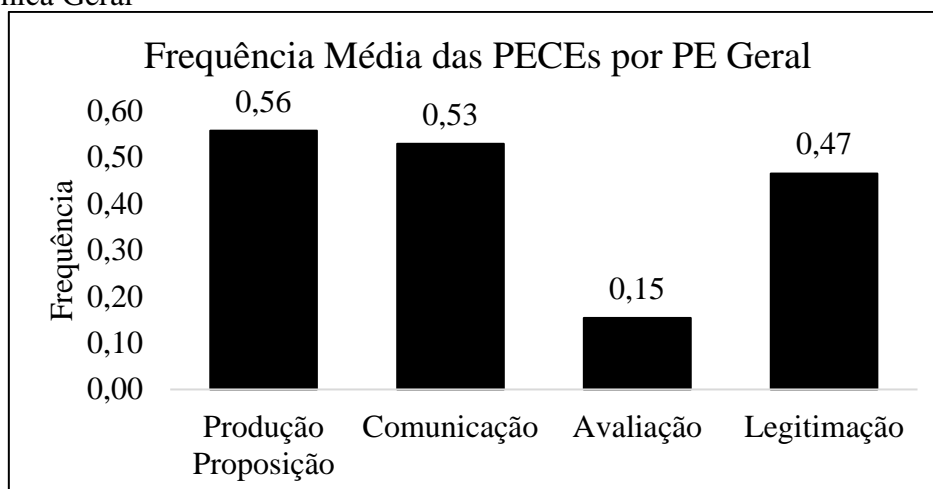
Como apresentado anteriormente, esta atividade teve como um de seus propósitos exatamente propiciar oportunidades de engajamento na PECE em questão. A inscrição literária produzida aqui foi quase sempre uma tabela. Na FASESP, a atividade 5, com frequência de 1,00, teve apenas três relatórios, número muito pequeno para conjecturas.

A PECE “**Descrição (C05)**” apresenta frequência de 0,82, mas esta é até subdimensionada quando se considera que para a atividade dois “*O Problema do Submarino*” esta é de 0,00 (isso pode decorrer do fato de que o conhecimento básico relacionado a esta atividade provir da Física e não da Biologia). O trabalho de Azevedo, Del-Corso e Trivelato (2017), presente na íntegra nos anexos (ANEXO I), já discutia mais aprofundadamente as descrições como Práticas Epistêmicas típicas e características da construção do conhecimento na Biologia. Os dados aqui coletados, em relação à alta frequência de engajamento na PECE C05, de alguma forma apoiam o entendimento de que esta PECE é particularmente comum na ciência Biologia.

A PECE “**Exemplificação (C06)**” apresenta uma das menores frequências (0,03), o que coloca em cheque a importância desta categoria de análise para a verificação do engajamento em PECEs. A primeira etapa de construção da ferramenta de análise desta tese foi a escolha de trabalhos da área que versassem sobre Práticas Epistêmicas (PE) e trouxessem exemplos dessas para o ensino de ciências. A maioria das PECEs se origina de agrupamentos com várias PE, mas nesse caso uma PE culminou na proposição de uma PECE. Em compensação, o único outro caso em que isso acontece se refere à PECE “**Descrição (C05)**”. Isso faz perguntar se: (1) a PECE C06 não é válida como categoria de análise, já que não é representativa; (2) se a SEI “*O Mundo Microscópico*” simplesmente não foi profícua em fomentar o engajamento nesta PECE; (3) ou se esta PECE não é comum na Biologia, recordando que o trabalho de Araújo (2008) tem como ciência de base a Química. Vale frisar que exemplificar é uma prática escolar bastante comum.

Para analisar as PECEs relacionadas à Prática Epistêmica Geral de Avaliação do conhecimento científico foi construído o gráfico abaixo (GRÁFICO 6), que traz as frequências médias das PECEs relacionadas a cada uma das Práticas Epistêmicas Gerais.

Gráfico 6 - Frequência média das PECEs na SEI "*O Mundo Microscópico*" por Prática Epistêmica Geral



Fonte: Elaborada pelo autor.

É interessante notar que a frequência média de PECEs relacionadas às PE Gerais de Produção/Proposição (0,56), Comunicação (0,53) e Legitimação (0,47) são bastante parecidas. Assim o dado que chama a atenção é a baixa frequência das PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação (0,15), que é inferior a um terço das demais. É possível conjecturar que talvez isso não se deva a uma baixa eficácia da SEI "*O Mundo Microscópico*" em fomentar as PECEs relacionadas Avaliação, mas sim à não transposição⁵¹ das discussões orais onde essas avaliações poderiam ter ocorrido. Esta hipótese vem das considerações feitas informalmente pelos professores que ministraram a SEI, e por aqueles que observaram as experiências (auxiliando as áudio-vídeo gravações).

Esta ideia, de que as PECEs relacionadas a avaliação do conhecimento científico apareçam apenas ou principalmente na oralidade, não podem ser tomadas como um assunto resolvido, pois as produções escritas é que mais comumente são analisadas pelos(as) professores(as). Daí ser interessante pensar em como trabalhar para que essas PECEs sejam transpostas para os registros escritos. Isso se justifica também pelo fato de que o pensamento se organiza na linguagem, e a transformação da linguagem oral em escrita é reconhecidamente importante. De acordo com Lemke (1990): aprender ciência significa aprender a usar a linguagem especializada da ciência também na forma escrita.

⁵¹ Aqui o termo transposição não se vincula à escola de pensamento da Transposição Didática, mas tem um significado de "transferir de um local para outro" – no caso, das discussões orais para os registros escritos.

Para contribuir com essa busca construímos a tabela abaixo (TABELA 11), com as frequências das PECEs relacionadas a PE Geral de Avaliação organizadas por atividade.

Tabela 21 - Frequências das PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação organizadas por atividade da SEI.

PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação	Rat1	Rat2	Rat3	Rat4	Rat5
Avaliação dos Dados/informações (A01)	0,76	0,00	0,05	0,16	0,10
Avaliação das Evidências (A02)	0,47	0,00	0,03	0,00	0,00
Avaliação da Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)	0,16	0,27	0,08	0,00	0,10
Argumentação (A04)	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
Avaliação de Explicação Científica (A05)	0,54	0,00	0,00	0,05	0,00
Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)	0,21	0,00	0,14	0,13	0,03
Avaliação de Modelo (A07)	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
Avaliação de Hipótese (A08)	0,30	0,40	0,22	0,34	0,03
Médias	0,31	0,09	0,07	0,09	0,03

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda da tabela 11: Rat1 se refere às atividades 1 "*Robert Hooke e o Salto da Pulga*"; Rat2 se refere à atividade 2 "*O Problema do Submarino*"; Rat3 se refere à atividade 3 "*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*"; Rat4 se refere à atividades 4 "*Robert Hooke e a Cortiça*"; e Rat5 se refere à atividade 5 "*Investigando como no Micrographia*".

É interessante notar na tabela acima que a atividade 1 "*Robert Hooke e o Salto da Pulga*" é a que apresenta maior frequência de engajamento nas PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação (0,31). Nenhuma das outras apresenta frequências que cheguem a 0,10. Nas análises dissertativas do engajamento nas PECEs (subtópico 7.1) observou-se que a maior parte das evidências de engajamento nestas PECEs ocorreu na atividade em que os estudantes foram instruídos a comparar suas próprias conclusões, descrições e desenhos com os originais de Robert Hooke. Ou seja, pedir explicitamente que os estudantes comparem suas próprias investigações com as de outrem deve favorecer a PE Geral de Avaliação.

A PECE "**Argumentação (A04)**" apresenta a menor frequência dentre todas as PECEs analisadas (0,01). Para discutir os possíveis motivos que levaram a isso é trazido a seguir a rubrica de identificação dessa PECE:

Argumentação: Os envolvidos se engajam em argumentação, tentam persuadir outros, contrapondo e criticando declarações e ideias alheias. Este agrupamento foi criado para quando não for possível identificar o que está

sendo colocado *sub judice* ou se a crítica for genérica ou não fundamentada, não estiver apontando nenhum alvo ou elemento. (Fonte: Elaborada pelo autor.)

Podem ser considerados dois motivos para a baixa frequência desta PECE (A04). O primeiro se refere ao trecho da rubrica que diz “*Os envolvidos se engajam em argumentação, tentam persuadir outros, contrapondo e criticando declarações e ideias alheias*”: a contraposição e crítica das ideias alheias, entre os integrantes de um grupo, não seriam transpostas para os registros escritos, mas aconteceriam apenas na oralidade. Após se engajarem em argumentação, apenas as ideias “vencedoras” é que seriam transpostas. Por conta desta possibilidade é que foi feita a opção de, apesar da baixíssima frequência, manter esta PECE na ferramenta de análise.

Outra possibilidade para esta frequência de 0,01 da PECE (A04) se refere ao segundo trecho da rubrica “*Este agrupamento foi criado para quando não for possível identificar o que está sendo colocado sub judice ou se a crítica for genérica ou não fundamentada, não estiver apontando nenhum alvo ou elemento.*”: nos registros desta SEI, em havendo avaliação, sempre foi possível identificar o que estava sendo colocado em cheque. Assim a manutenção desta PECE na ferramenta de análise seria interessante para situações em que não seja possível descobrir o alvo das avaliações, mas ainda for importante determinar que está acontecendo engajamento na PE Geral de Avaliação.

Quando se olham as médias das frequências das PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação organizadas por atividade da SEI (TABELA 11), destoam os resultados de Rat1 com 0,31 e Rat5 com 0,03. Rat1 apresenta frequência mais de três vezes maior que Rat2, Rat3 ou Rat4. Rat5, em compensação, apresenta frequência mais de dez vezes menor. Uma possibilidade explicativa para a maior frequência de Rat1 já foi discutida anteriormente. A baixíssima frequência de Rat5 poderia ser reflexo de que essa atividade é a de nível 4 na classificação de Banchi e Bell (2008) -- ou seja, é a atividade em que a investigação é mais autoral, sendo altamente compreensível que as avaliações não fossem transpostas para o papel, ficando apenas na oralidade.

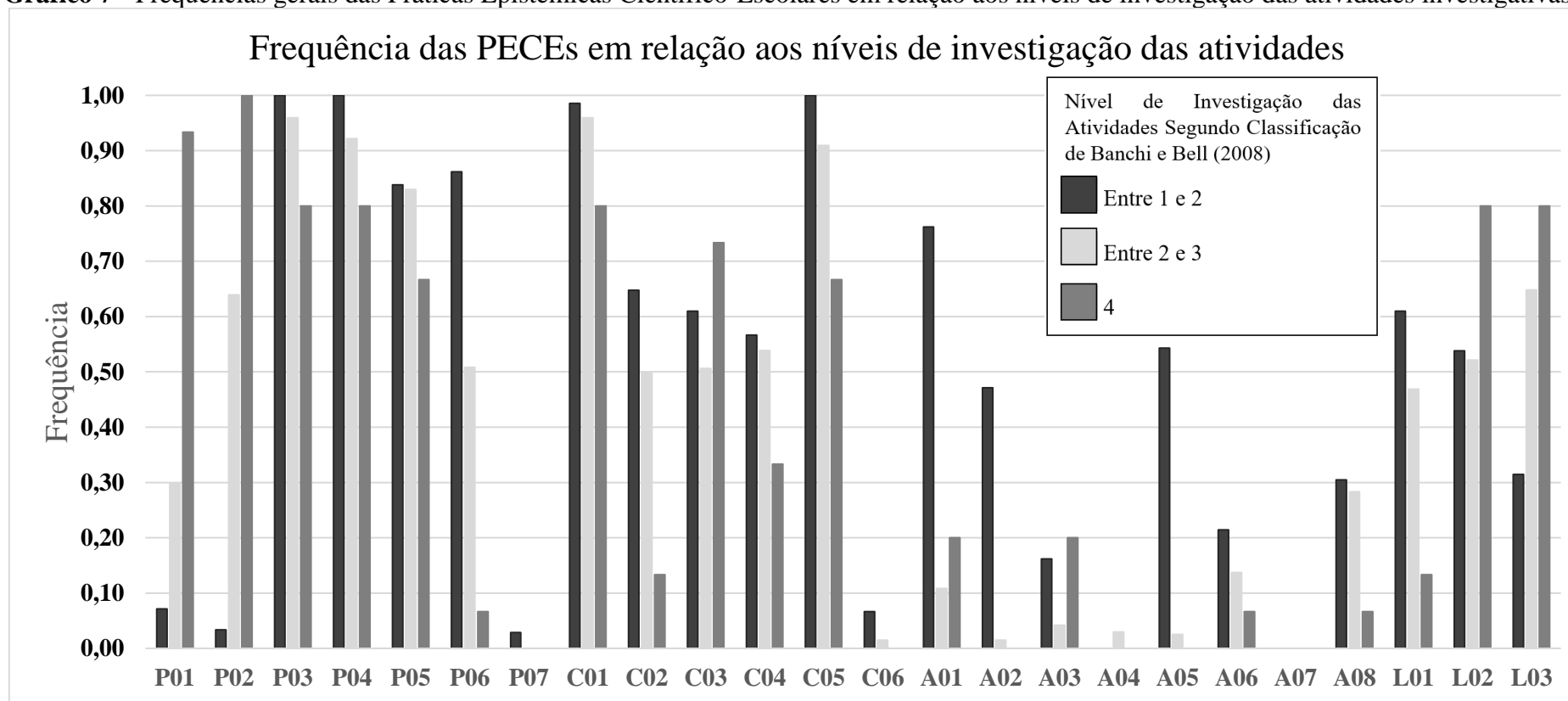
Quanto às PECEs relacionadas à PE Geral de Legitimação, vale relembrar que quando os elementos, Argumentos, Explicações ou Procedimentos eram trazidos para os relatórios foi considerado que houve Legitimação desses elementos. Por isso pode ser observada uma forte correlação, nas atividades 2, 3 e 4, em relação às PECEs de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**” e “**Legitimação de Explicações**

(L01)” e entre as PECEs de “Comunicação do Conhecimento Científico via Argumento (C03)” e “Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)”. Nas apresentações das investigações autorais, que ocorreram nessa SEI, mas não foram alvo de análise, provavelmente seriam encontradas outras evidências de PECEs de Avaliação e Legitimação.

O gráfico sete (GRÁFICO 7) apresenta as médias das frequências gerais das PECEs, organizadas em relação aos níveis de investigação⁵² atribuídos às atividades das SEI após suas análises. A atividade 1 “*Robert Hooke e o Salto da Pulga*” teve sua classificação, em relação ao seu grau de liberdade investigativo, mantido como entre 1 e 2. A atividade 2 não entrou na composição desse gráfico já que não foi pedida a produção de relatórios – por isso, seus registros são muito diferentes dos demais (sem contar que todas as outras atividades estavam diretamente relacionadas à microscopia). A atividade 3 “*Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio*” teve sua classificação mantida. A atividade 4 “*Robert Hooke e a Cortiça*” teve sua classificação revista para nível de investigação entre 2 e 3. Por apresentarem, agora, o mesmo grau de liberdade, as atividades 3 e 4 tiveram suas frequências agrupadas. A atividade 5 teve sua classificação mantida, sendo usadas apenas as frequências do Colégio Brasília, já que na FASESP foram produzidos apenas três relatórios desta aula.

⁵² Classificação de Banchi e Bell (2008)

Gráfico 7 - Frequências gerais das Práticas Epistêmicas Científico-Escolares em relação aos níveis de investigação das atividades investigativas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: **P01** = Proposição/Seleção de Problema Científico; **P02** = Planejamento de Investigação Científica; **P03** = Realização de Investigação Científica; **P04** = Construção de Dados; **P05** = Construção de Evidências; **P06** = Elaboração de Hipóteses; **P07** = Construção e/ou uso de Modelos; **C01** = Produção de Relatório Científico; **C02** = Comunicação de Explicação Científica; **C03** = Comunicação Conhecimento Científico via Argumento; **C04** = Construção de Inscrições Literárias; **C05** = Descrição; **C06** = Exemplificação; **A01** = Avaliação dos Dados/informações; **A02** = Avaliação das Evidências; **A03** = Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento); **A04** = Argumentação; **A05** = Avaliação de Explicação Científica; **A06** = Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão; **A07** = Avaliação de Modelo ; **A08** = Avaliação de Hipótese; **L01** = Legitimação de Explicações; **L02** = Legitimação de Conhecimentos expressos na forma de Argumentos; **L03** = Legitimação de Procedimentos.

O gráfico sete (GRÁFICO 7) foi construído para observar as frequências gerais das PECEs em relação aos níveis de investigação das atividades da SEI. As PECEs **“Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)”** e **“Planejamento de Investigação Científica (P02)”** são mais frequentes, como esperado, em atividades de grau de liberdade 4, segundo a classificação de Banchi e Bell (2008). As PECEs **“Realização de Investigação Científica (P03)”**, **“Construção de Dados (P04)”**, **“Construção de Evidências (P05)”**, **“Produção de Relatório Científico (C01)”** e **“Descrição (C05)”** têm frequências comparativamente altas e ligeiramente maiores nas atividades de grau de liberdade entre 1 e 2. A frequência da PECE **“Elaboração de Hipóteses (P06)”** diminui conforme aumentam os de grau de liberdade das atividades -- chegando a uma frequência muito baixa nas investigações abertas, dado que chama a atenção. As PECEs **“Comunicação de Explicação Científica (C02)”**, **“Comunicação Conhecimento Científico via Argumento (C03)”** e **“Construção e/ou uso de Modelos (P07)”** já foram anteriormente analisadas, assim como as PECEs relacionadas à PE Geral de Avaliação da construção do conhecimento científico. As PECEs **“Construção de Inscrições Literárias (C04)”** e **“Legitimação de Explicações (L01)”** apresentam frequências medianas, que também diminuem conforme avançam os graus de liberdade das atividades. Já nas PECEs **“Legitimação de Argumento Conhecimentos (L02)”** e **“Legitimação de Procedimentos (L03)”** a frequência é mediana, mas com uma tendência de crescimento.

8. A Vista do Meu Ponto

Como no próprio título desse tópico, aqui estão as ideias do que o autor, a partir da interpretação dos referenciais teóricos e dos dados empíricos das produções dos estudantes que vivenciaram a SEI “*O Mundo Microscópico*”, pensa serem as possíveis contribuições que esta tese traz ao Ensino de Ciências. Estas não vêm como achismos vazios, mas são respaldadas por evidências e padrões obtidos dos dados empíricos, apoiadas por conhecimentos acumulados da área, num processo de construção do conhecimento.

Antes de trazer as ideias das possíveis contribuições é importante pontuar alguns paradigmas que nortearam a elaboração desta tese. A visão aqui é de um ensino de ciências alicerçado numa perspectiva sócio-construtivista da aprendizagem (VYGOTSKY, 1978) e na Alfabetização Científica (SASSERON, 2008; SASSERON e CARVALHO, 2008) como elemento norteador no ensino de ciências, e define a mesma como um processo de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica -- processo que pressupõe hibridizar as culturas científicas e escolares.

Um ensino de ciências baseado nessa concepção (AC) pressupõe a importância de proporcionar aos estudantes um aprendizado sobre os conceitos principais e estruturantes das ciências, conhecimentos sobre a forma como se produz conhecimento científico e o que influencia esta produção, e as inter-relações da ciência com a tecnologia, com a sociedade e com o ambiente. No ensino de ciências, esses diferentes propósitos ficaram conhecidos como eixos estruturantes da AC (SASSERON e CARVALHO, 2011).

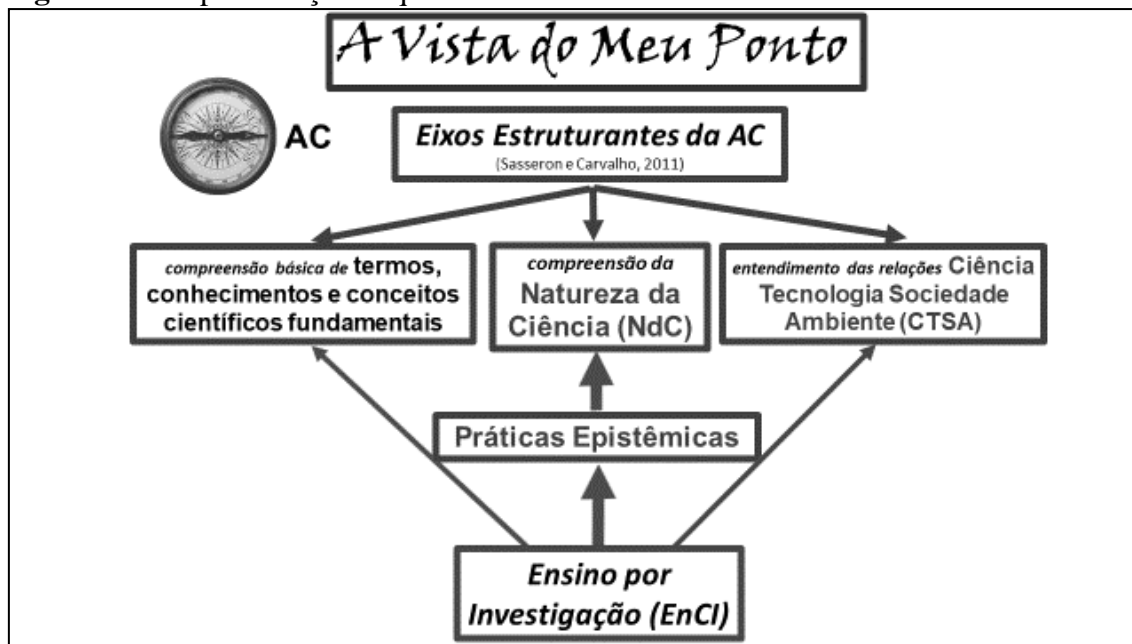
Partindo do pressuposto de que a AC consiste em um norte para o Ensino de Ciências, esse trabalho busca compreender como promover e verificar se ela está em curso. As possíveis contribuições desta tese apresentam aportes para estas duas linhas principais, cada uma com algumas subdivisões: a primeira ideia propõe subsídios para a construção de Sequências Didáticas baseadas em Ensino por Investigação (SEIs – Sequências de Ensino por Investigação), relacionada a como promover a AC; a segunda propõe uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas, neste trabalho chamadas de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), relacionada então a como verificar a AC.

Ideia um: Subsídios para a construção de Sequências Didáticas baseadas em Ensino por Investigação (SEIs – Sequências de Ensino por Investigação), contextualizadas com História da Ciência (HC).

Um primeiro ponto se refere à própria escolha do Ensino por Investigação (EnCI). De acordo com Crujeiras-Perez e Jiménez-Aleixandre (2017), essa abordagem é particularmente eficiente no que tange ao segundo eixo estruturante da AC (Natureza da Ciência - NdC). Isso não significa que não sejam trabalhados os outros eixos estruturantes quando a escolha se dá pelo EnCI. Pensar numa abordagem de ensino que favoreça esse segundo eixo da AC é interessante porque, de acordo com Tonidandel (2013), o ensino de ciências no Brasil tem, comumente, foco na aprendizagem de conceitos, leis e teorias. A experiência do autor desta tese, consolidada ao longo de nos seus 15 anos de docência e de muitas conversas e parcerias, permite conjecturar que, num cenário conteudista, a opção comum dos(as) professores(as) é geralmente fazer uso de aulas expositivas, já que essas permitem expor mais temas em menos tempo. Essas aulas, se muito bem desenvolvidas, e cabe aqui colocar em cheque a efetivação dos aprendizados, focariam mais no primeiro eixo da AC. Resumidamente, a primeira ideia desta tese é que, se a intenção for promover a AC, particularmente no que tange ao segundo eixo estruturante, seria promissor fazer mais uso do EnCI como abordagem didática. Os dados da tese apoiam esta consideração, particularmente no que tange ao fomento das Práticas Epistêmicas (PECEs).

Esta proposição não termina aqui, mas ganha apoio e se especifica na medida em que se consideram os dados empíricos coletados e a literatura especializada. Sasseron e Duschl (2016) afirmam que o ensino deveria ser explorar os conceitos, leis e teorias científicas por meio do desenvolvimento de práticas epistêmicas e não apenas por sua exposição. Kelly e Licona (2018) afirmam que considerar a Alfabetização Científica (AC) como uma visão de aprendizagem implica almejar “um domínio de uma série de práticas epistêmicas”. E Cardoso e Scarpa (2018) afirmam que o EnCI tem grande potencial para ajudar a compreender como se constrói o conhecimento científico, sendo então particularmente eficiente para compor noções mais bem informadas sobre a natureza da ciência (NdC). Ou seja: usar uma abordagem didática baseada no EnCI favoreceria a AC, particularmente no que tange ao seu segundo eixo estruturante (NdC), e com grande potência no que se refere às Práticas Epistêmicas (PE).

Figura 28 - Representação Esquemática do EnCI e os Eixos Estruturantes da AC



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda no âmbito das contribuições para a promoção da AC, uma outra ideia desta tese se refere ao escalonamento dos níveis de investigação em Sequências Didáticas. Esta não é uma ideia nova, já que os próprios autores da classificação em níveis de investigação (BANCHI e BELL, 2008), assim como Campos e Nigro (2009) e Guisasola et al., (2009), já eram favoráveis a uma progressão de atividades, ascendendo os níveis de investigação de modo que os estudantes tivessem cada vez mais autonomia nas investigações. Nossa contribuição é apresentar as evidências de engajamento em PECEs, demonstrando então que seguir esta lógica é produtivo -- inclusive no que tange à compreensão epistêmica de como se dá a construção do conhecimento científico.

Outro argumento a favor da importância dos escalonamentos se refere à ideia de que as investigações de nível 4 (*Investigação aberta: Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais*) seriam aquelas com maior potencial para engajar os alunos nas PECEs “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**” e “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”. Essa relação pôde ser observada no gráfico sete (GRÁFICO 7), no qual era possível verificar que as atividades classificadas como investigações abertas apresentaram frequências maiores de engajamento. Mas então não bastaria promover atividades com esse nível de abertura? Por que gastar tempo desenvolvendo atividades com outros níveis de investigação? Primeiro porque, como trazem Jiménez-Aleixandre e Fernández López

(2010), atividades investigativas com esse grau de liberdade (Nível 4, Investigação aberta) são incomuns; segundo porque, como afirma Assis et al (2012) “*Não se pode esperar, no entanto, que os alunos da Educação Básica sejam capazes de, desde o princípio, projetar e realizar as próprias investigações*”; e, finalmente, porque as investigações com esse grau de abertura não são inerentemente melhores que as outras, pelo menos não segundo os dados desta tese.

Alguém que queira elaborar uma Sequência Didática, ainda mais se desejar que essa seja investigativa (SEIs), terá como um dos desafios buscar atividades interessantes. Para compor as atividades da SEI “*O Mundo Microscópico*” recorreu-se à História da Ciência (HC) – que já é apontada na literatura da área como bastante profícua no que tange ao segundo eixo estruturante da AC (CLOUGH, 2011; ALLCHIN et al., 2014). A contribuição desta tese, no caso, são as considerações sobre como fazê-lo. Buscar exemplos históricos simples, instrutivos e significativos de investigações pode ser uma boa estratégia. Ela esteve na gênese da SEI “*O Mundo Microscópico*” e foi inspirada principalmente no trabalho de Martins (2009), que, como já dissemos, afirma que a replicação das primeiras investigações de uma área do conhecimento é interessante porque ajuda a derrubar a visão popular de que a construção do conhecimento científico requer aparelhos, técnicas e conhecimentos tão complicados que não podem ser compreendidos ou acessados pelas pessoas comuns. Os resultados das análises do engajamento, após os estudantes se envolverem em atividades que eram replicações históricas de experimentos do início da microscopia, mostraram frequências altas nas PECEs (GRÁFICO 7) -- particularmente naquelas que evidenciam a exequibilidade dessas experiências (“**Realização de Investigação Científica (P03)**”, “**Construção de Dados (P05)**” e “**Construção de Evidências (P06)**”).

É importante ponderar que o que se traz aqui, como subsídio para a elaboração de Sequências Didáticas, não deve ser tratado como uma panaceia capaz de resolver todos os problemas do ensino de ciências. Como afirma Krasilchik (2004), não há uma forma inerentemente melhor de ensinar ciências: o importante é alternar as abordagens metodológicas para a AC.

Ideia dois - Proposição de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas.

A segunda ideia desta tese para a área do Ensino de Ciências é **como** verificar que a Alfabetização Científica (AC) está em curso. A contribuição consiste na proposição de uma ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs), no que tange a um dos aspectos do segundo eixo estruturante da AC.

Essa ferramenta constitui um resultado desta tese e passou por um processo de ir e vir do construto teórico aos dados empíricos. Sua função, neste trabalho, foi servir de base para a análise das PECEs e tem valor intrínseco, já que poderia ser usada como ponto de partida para outros trabalhos, de outros pesquisadores, e/ou em outros contextos.

A estratégia de tomar categorias de Práticas Epistêmicas (PE) advindas de outros trabalhos é procedimento comum na área – por exemplo: Silva, Gerolin e Trivelato (2018) partiram *a priori* das categorias de PE de Kelly e Licona (2018); já Araújo (2008) se baseou em Jiménez-Aleixandre et al. (2008). Uma possível virtude da ferramenta proposta por essa tese foi a ideia de trazer vários trabalhos como fonte inicial de categorias de PE, ampliando grandemente a lista a ser considerada: composta inicialmente de 150 categorias (APÊNDICE I), foi transformada em apenas 24 na ferramenta de análise. Outro ponto importante é que nem todos os trabalhos usados como ponto de partida traziam suas categorias de PE específicas dispostas sob alguma das Práticas Epistêmicas Gerais de **“Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação e/ou Legitimação da construção do conhecimento científico”**, e na ferramenta produzida essa disposição foi feita. Nem todas as categorias originais de PE tinham rubricas de identificação ou haviam sido testadas com dados empíricos, ao menos nos trabalhos que as propuseram – o que foi feito nessa tese. Outro ponto interessante é que, dos oito trabalhos tomados como base para a lista inicial, apenas um (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010) havia sido testado para registros escritos. Assim, pensamos que a ferramenta de análise pode servir para analisar tanto dados empíricos, oriundos de vídeo-gravações, como de registros escritos.

Outra possível contribuição desse trabalho, ainda no âmbito da análise do engajamento em PE, se refere à questão da importância de verificar a autenticidade do engajamento nas práticas e nas investigações, diferenciando então as ações que sejam reflexo apenas do fazer escola (práticas que sejam exclusivamente escolares) daquelas que sejam também científico-epistêmicas, ou seja: das práticas híbridas das culturas

científicas e escolares. Para isso, o trabalho de Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) pautou a busca na identificação das evidências. Coerentemente a essa metodologia, e de modo a marcar a diferença, foi apresentada a ideia e a terminologia de Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs). A importância aqui não é a cunhagem de um novo termo, mas a intenção de salientar que existem diferenças entre as Práticas Epistêmicas (PE) da ciência “tradicional”⁵³ e aquelas vivenciadas na escola. Ao usar o termo PECEs se evidencia a importância de averiguar se o engajamento nas PE é epistêmico, ou fruto apenas do cumprimento de tarefas escolares -- ou seja, se a evidência reflete a hibridização dessas duas culturas. Por exemplo: encontrar uma ilustração de algo visto ao microscópio não é garantia de engajamento epistêmico já que o desenho pode refletir apenas o cumprimento de uma tarefa escolar.

Outro aspecto que merece destaque, e pautou a construção da ferramenta de verificação de engajamento em PECEs, foi a diferenciação entre Dados e Evidências. Muitas das PE dos trabalhos originais não faziam essa distinção, mas na ferramenta proposta eles foram considerados diferentes. A inspiração para tornar importante essa distinção vem do trabalho de Kelly e Duschl (2002, p.51), que propõe uma interessante estrutura denominada *continuum* Evidência-Explicação. O trabalho de Silva, Gerolin e Trivelato (2018) reforçou essa ideia e trouxe exemplos práticos de como fazer essa diferenciação.

Por fim, é importante lembrar que Argumentos e Explicações foram tratados como distintos. Consequentemente, as PECEs associadas a cada um levaram isso em consideração. Para diferenciar Argumentos de Explicações, o método de Del-Corso e Trivelato (2017) foi aperfeiçoado com os trabalhos de Erduran et al. (2004) e Meyer e El-Hani (2005). O primeiro desses trabalhos acrescentou uma ideia que pode ajudar a resolver uma das antigas dificuldades (identificação da Conclusão (C) ou *Explanandum* de determinada assertiva). O segundo trabalho complementou o método com o acréscimo de mais um passo para sua diferenciação.

⁵³ Como anteriormente apresentado no capítulo um, emprestamos o termo “ciência tradicional” de Rudolph (2003), para se referir às ciências praticadas nos centros de pesquisa, laboratórios, universidades etc.

8.1 Todas elas juntas (respondendo as questões de pesquisa).

No tocante às questões de pesquisa, mesmo que de forma imperfeita como todas as ideias, acreditamos tê-las respondido na medida em que foi desenvolvida uma SEI com uma progressão nos níveis investigativos de suas atividades; foi construída uma ferramenta de análise para verificar o engajamento em Práticas Epistêmicas Científico-Escolares (PECEs); foram identificadas as PECEs nas produções escritas dos estudantes; foram identificadas as Explicações e Argumentos; foram observadas variações qualitativas e quantitativas das PECEs nas atividades com níveis de investigação diferentes; e, por fim, não foi observada correlação entre o escalonamento nos graus de liberdade e um aumento quantitativo de engajamento nas PECEs.

Referências

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom. **Science & Education**, 23, n. 9, p. 1911-1932, Sep 2014.

ALMUNTASHERI, S.; GILLIES, R. M.; WRIGHT, T. The Effectiveness of a Guided Inquiry-Based, Teachers' Professional Development Programme on Saudi Students' Understanding of Density. **Science Education International**, v27, n. 1, p. 13, 2016.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em contextos** – Ensino Médio. 1.ed., v. 3, São Paulo: Moderna, 2013. 320 p.

ARAUJO, R. A. M.; ARAUJO, J. P. F. T.; GONCALVES, D. M.; PRADO, M. A. B.; ZUMPARO, O. G.; FREITAS, C. B. ; DEL-CORSO, T. M.; PRESTES, M. E. B. . A utilização da História a Ciência no ensino: observações de Robert Hooke como recurso motivacional ao estudo a célula. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, 2013, Florianópolis. **Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013**. Rio de Janeiro: Booklink, 2013. v. 1. p. 199-202.

ARAÚJO, A. O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química. 2008. 143f.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/FAEC-85BKEK>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

ASSIS, A.; GODINO, J. D.; FRADE, C. As dimensões normativa e metanormativa em um contexto de aulas exploratório-investigativas. **Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa**, 15, p. 171-198, 2012.

AULER, D. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: UM NOVO "PARADIGMA"? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 5, p. 68-83, 2003.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA QUÊ? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 3, n. 2, p. 122-134, 2001-12 2001.

AZEVEDO, C. P. G.; SILVA, C. G. C.; SILVA, C. S.; MAIA, G. V.; MELLO, J. C. ; BOZZO, M. V.; DEL-CORSO, T. M.; PRESTES, M. E. B. Replicação de experimentos históricos de Robert Hooke (1635-1703) visando o ensino aprendizagem da Teoria celular: um estágio como pesquisa em escola pública de ensino fundamental em São Paulo-SP. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, 2013, Florianópolis. **Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013**. Rio de Janeiro: Booklink, 2013. v. 1. p. 44-49.

AZEVEDO, N. H.; DEL-CORSO, T. M.; TRIVELATO, S. L. F. Robert Hooke e a pulga: um episódio histórico em sala de aula com o uso de desenhos e descrições como práticas

epistêmicas. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra (2017), p. 3623-3628. Disponível em: < <https://ddd.uab.cat/record/183857>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

BALACHEFF, N., KAPUT, J. J. Computer-based learning environments in mathematics. In BISHOP, A., CLEMENTS, K., KEITEL, C., KILPATRICK, J., LABORDE, C. (Orgs.), **International handbook of mathematics education**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishes, 1997. 467– 501.

BANCHI, H.; BELL, R. The many levels of inquiry. **Science and children**, 46, n. 2, p. 26, 2008.

BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. **Science Education**, 96, n. 5, p. 808-813, Sep 2012.

BERLAND, L. K.; REISER, B. Making sense of argumentation and explanation. **Science Education**, 93, 2009.

BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. **Science Education**, 93, n. 1, p. 26-55, Jan 2009. Article.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. Darwin and Mendel: evolution and genetics. **Journal of Biological Education**, 43, n. 3, p. 108-114, Sum 2009.

BLANCHARD, M. R.; SOUTHERLAND, S. A.; OSBORNE, J. W.; SAMPSON, V. D. *et al.* Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. **Science Education**, 94, n. 4, p. 577-616, 2010.

BOZZO, M. V.; DEL-CORSO, T. M.; PRESTES, M. E. B. História da Ciência na formação docente: estudo de caso junto a supervisor e educador do PIBID, subprojeto IBUSP. **A cooperação universidade-escola para a formação inicial de professores: o PIBID na Universidade de São Paulo (2011-2014)**, 2015.

BRANDI, A. T. E.; GURGEL, C. M. D. A. A alfabetização científica e o processo de ler e escrever em séries iniciais: emergências de um estudo de investigação-ação. **Ciência & Educação (Bauru)**, 8, p. 113-125, 2002.

BRASIL. PCN, Parâmetros Curriculares Nacionais. Secretaria de Educação Fundamental. **Brasília: MEC/SEF**, v. 4, 1998.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. MEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Biologia: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM 2009**. Brasília: MEC, 2008.

BRASIL, M. Matriz de Referência para o ENEM 2015. **Brasília:[sn]**, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Percepção pública da ciência e tecnologia no Brasil: Resultados da Enquete de 2010**. Departamento de Popularização e Difusão da C&T/SECIS/MCT. Museu da Vida/COC/Fiocruz. 2011. Disponível em: <<http://www.museudavida.fiocruz.br/media/enquete2010.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2015: Biologia: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Instrutor/Downloads/pnld_2015_biologia.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Pisa 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes na avaliação**. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: < http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf > Acesso 20 maio 2018.

BRÖCKELMANN, R. H. **Conexões com a Biologia** – Ensino Médio. 1. ed., v. 2, São Paulo: Moderna, 2013. 312 p.

BUCK, L. B.; BRETZ, S. L.; TOWNS, M. H. Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. **Journal of College Science Teaching**, 38, n. 1, p. 52, 2008.

CAMPOS, M. D. C.; NIGRO, R. G. Teoria e prática em ciências na escola: o ensino-aprendizagem como investigação. **São Paulo: FTD**, 2009.

CAPECCHI, M.; CARVALHO, A. Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. (Pró-posições, Ed.) **Revista Quadrimestral da Faculdade de Educação Unicamp**. Campinas 2006.

CAPECCHI, M. C. V. M. **Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1025-1059, 2018.

CARVALHO, A. M. P. D. A pesquisa em sala de aula e a formação de professores. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras, p. 193-218, 2007.

CARVALHO, A. D.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. D. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. *São Paulo: Scipione*, 7-16. 2008.

CARVALHO, A. M. P. D.; GONÇALVES, M. E. R. Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. **Cadernos de Pesquisa**, n. 111, p. 71-94, 2000-12 2000.

CASTAÑÓN, G. A. O que é Construtivismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência (UNICAMP)**, v. 1, p. 160-180, 2015.

CAZELLI, S.; FRANCO, C. ALFABETISMO CIENTÍFICO: NOVOS DESAFIOS NO CONTEXTO DA GLOBALIZAÇÃO. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 3, n. 2, p. 167-184, 2001-12 2001.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Percepção pública da ciência e tecnologia 2015 - Ciência e tecnologia no olhar dos brasileiros**. Sumário executivo. Brasília: CGEE, 2015. 15 p: il.

CETINA, K.K. **Epistemic cultures: How the sciences make knowledge**. Harvard University Press, 2009.

CHANG, H. How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry. **Science & Education**, 20, n. 3-4, p. 317-341, Mar 2011.

CHANG, Y. H.; CHANG, C. Y.; TSENG, Y. H. Trends of science education research: an automatic content analysis. **Journal of Science Education and Technology**, 19, 2010.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003-04 2003.

CHINN, C. A.; MALHOTRA, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Science Education**, 86, n. 2, p. 175-218, Mar 2002.

CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. The Science Classroom as a Site of Epistemic Talk: A Case Study of a Teacher's Attempts to Teach Science Based on Argument. **Journal of Research in Science Teaching**, 51, n. 10, p. 1275-1300, Dec 2014.

CLOUGH, M. P. The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. **Science & Education**, 20, n. 7-8, p. 701-717, Jul 2011.

COSTA, L. G.; COSTA, A. P. A. O ensino de física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-x com enfoque na prevenção e tecnologia. **Ciência & Educação (Bauru)**, 8, n. 2, p. 161-165, 2002 2002.

CRUJEIRAS-PEREZ, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain. **Chemistry Education Research and Practice**, 18, n. 1, p. 99-112, 2017.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, 22, p. 169-186, 2017.

DEBOER, G. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, 37, n. 6, p. 582-601, AUG 2000 2000. Article.

DEL-CORSO, T.M.; TRIVELATO, S.L.F. **Uma proposta para diferenciar Argumentos e Explicações**. X ENPEC. ABRAPEC. Águas de Lindóia: 1-8 p, 2015.

DEL-CORSO, T.M.; TRIVELATO, S.L.F. Uma proposta de metodologia para diferenciar argumentos e explicações. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 4617-4622, 2017a. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/183665>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

DEL-CORSO, T.M.; TRIVELATO, S.L.F. Explicação na educação científica: uma revisão da science education de 1998 a 2016. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 4611-4616, 2017b. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/183666>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

DEL-CORSO, T.M.; TRIVELATO, S.L.F. Ilustração Científica como Prática Epistêmica em uma Sequência Didática para o combate a Cegueira Botânica. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC). 2019, **Anais do XII ENPEC**. Natal. RN. 2019.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; SCOTT, P. *et al.* Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational researcher**, 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

DRIVER, R.; NEWTON, P. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **ESERA Conference**, Roma, 1997.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, 9(5), 31-40, 1999.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, 84, n. 3, p. 287-312, May 2000.

DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, 2, n. 2, p. 80-111, 2003.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 1-25, 2002.

ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in Science Education**. Netherlands: Springer. 296 p. (Perspectives from Classroom-Based Research, v. Contemporary Trends and Issues in Science Education (Book 35)). 978-1-4020-6669-6. 2007.

ERDURAN, S.; OZDEM, Y.; PARK, J.-Y. Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. **International Journal of STEM Education**, 2, n. 1, p. 1, 2015.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the use of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, 88, 2004.

FEJES, M.; MORITA, E. M.; SANTOS-GOUW, A. M.; MARTINELLI, I. *et al.* Contribuições de um encontro juvenil para a enculturação científica. **Ciência & Educação (Bauru)**, 18, n. 4, p. 769-786, 2012.

FRANCO, L. G. **Oportunidades de Aprendizagem de Ciências da Natureza e Relações de Gênero**: Uma análise de interações discursivas e de diferentes dimensões espaço-temporais em sala de aula. 2018. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação Conhecimento e Inclusão Social em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

GEST, H. The discovery of microorganisms by Robert Hooke and Antoni Van Leeuwenhoek, fellows of the Royal Society. **Notes and Records of the Royal Society of London**, 58, n. 2, p. 187-201, May 2004.

GEROLIN, E. C. **Práticas epistêmicas, comunidades epistêmicas de práticas e o conhecimento biológico**: análise de uma atividade didática sobre dinâmica de crescimento populacional. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.81.2018.tde-10072018-113416. Acesso em: 2019-10-08.

GUISASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEBERIO, M.; ZUBIMENDI, J. L. DESIGNING AND EVALUATING RESEARCH-BASED INSTRUCTIONAL SEQUENCES FOR INTRODUCING MAGNETIC FIELDS. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 7, n. 4, p. 699-722, Aug 2009. Article.

GÜNTHER, H. **Como elaborar um relato de pesquisa** (Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, Nº 02). Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. 2003.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão. **Psicologia: teoria e pesquisa**, 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HOOKE, R. **Micrographia**: or some physilogical descriptions of minutes bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon. London: J. Martyn and J. Allestry. 1665. Disponível em Linda Hall Library <http://lhldigital.lindahall.org/cdm4/document>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

HURD, P. D. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education**, 82, n. 3, p. 407-416, Jun 1998.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO, A.; DUSCHL, R. A. "Doing the lesson" or "doing science"; argument in high school genetics. **Science Education**, 84, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F.; SILVA, A. C. T.; DIAZ, J. **Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms**. AERA (American Educational Research Association), New York City. 2008.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, L., **What are authentic practices? Analysis of students' generated projects in secondary**. 21-24. 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An Overview. *In*: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007. p. 3-27.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; OTERO, J. R. G.; SANTAMARÍA, F. E.; MAURIZ, B. P. **ATIVIDADES PARA TRABALHAR EL USO DE PRUEBAS Y LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS** 1ª Edición: julio 2009 ed. Santiago de Compostela: Danú, 2009. 49 p. 978-84-92764-20-4.

JULIA, D. A Cultura Escolar como Objeto Histórico. **Revista Brasileira de História da Educação**, v. 1, n. 1 [1], p. 9-43, 2012. Disponível em: <<http://www.rbheold.sbhe.org.br/index.php/rbhe/article/view/273/281>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

KARAMANOU, M.; POULAKOU-REBELAKOU, E.; TZETIS, M.; ANDROUTSOS, G. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. **Revista Argentina De Microbiologia**, 42, n. 4, p. 311-314, Oct-Dec 2010.

KELLY, G.; DUSCHL, R., 2002, **Toward a research agenda for epistemological studies in science education**.

KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**, p. 99-117, 2008.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. *In*: MATTHEWS, M. R. (Ed.). **History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 139-165.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, 86, n. 3, p. 314-342, May 2002.

KELLY, T. The epistemic significance of disagreement. **Oxford studies in epistemology**, 1, n. 167-196, 2005.

KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. **Educational psychologist**, 41, n. 2, p. 75-86, 2006.

KLAHR, D.; NIGAM, M. The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. **Psychological science**, 15, n. 10, p. 661-667, 2004.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: EdUSP, 2004.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, p. 147-163, 2004.

LACERDA, G. Alfabetização científica e formação profissional. **Educação & Sociedade**, 18, p. 91-108, 1997.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. “**A Vida de Laboratório: A produção dos fatos científicos**”. Rio de Janeiro: DUMARA DISTRIBUIDORA DE PUBLICAÇÕES LTDA, 1997. 310 p.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science Education**, 84, n. 1, p. 71-94, Jan 2000. Review.

LEAL, M. C.; GOUVÊA, G. NARRATIVA, MITO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: O ENSINO DE CIÊNCIAS NA ESCOLA E NO MUSEU. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 2, p. 5-33, 2000.

LEDERMANN, W. ¿Quién las vio primero? **Revista chilena de infectología**, 29, n. 3, p. 348-352, 2012-06 2012.

LEHRER, R.; SCHAUBLE, L.; PETROSINO, A. J. Reconsidering the role of experiment in science education. **Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings**, p. 251-278, 2001.

LEMKE, J. **Talking science. Language, learning and values**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

LONGINO, H. E. **Science as social knowledge: Values and objectivity in science inquiry**. Princeton: Princeton University Press. 1990.

LONGINO, H. E. (2002). **The fate of knowledge**. Princeton: Princeton University Press.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DAS SÉRIES INICIAIS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 3, n. 1, p. 45-61, 2001-06 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. EXPLICANDO UMA EXPLICAÇÃO. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 1, p. 25-38, 1999.

MARTINS, V. Algumas letras, pouca saúde: Campinas, primeira metade do Oitocentos. **Educar em Revista**, n. 26, p. 181-195, 2005-12 2005.

MARTINS, R. A. Instrumentos e Técnicas nas Ciências Biológicas. In: CALDEIRA, A. M. A. **Introdução à didática da biologia**. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 2009. p. 98-139.

MATA, L. Era uma vez. **Análise Psicológica**, 22, n. 1, p. 95-108, 2004-03 2004.

MATA, P.; BETTENCOURT, C.; LINO, M. J.; PAIVA, M. S. Cientistas de palmo e meio: Uma brincadeira muito séria. **Análise Psicológica**, 22, n. 1, p. 169-174, 2004-03 2004.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**. Editora Companhia das Letras, 2005.

MEHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, 26, n. 5, p. 515-535, Apr 2004.

MELO NIÑO, L. V.; SÁNCHEZ, R.; CAÑADA, F.; MARTÍNEZ, G. Dificultades del Aprendizaje sobre el principio de Arquímedes en el contexto de la Flotación. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 38, n. 4, 2016-07-28 2016.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. SciELO – Editora UNESP, 2005. null.

MILLER, J. D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. **Daedalus**, 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MORTIMER, E.F., CHAGAS, A.N., ALVARENGA, V. T. Linguagem Científica versus Linguagem Comum nas respostas escritas de Vestibulandos. In: I Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (I ENPEC). 1997, **Anais do I ENPEC**. Águas de Lindóia. SP.1997.

MORTIMER, E.F., CHAGAS, A. N., ALVARENGA, V. T. (1998). “Linguagem Científica versus Linguagem Comum nas respostas escritas de vestibulandos”. **Investigação em Ensino de Ciências** – V3(1), pp. 3, 1998.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em ensino de ciências**, 7, n. 3, p. 283-306, 2016.

MURCHO, D. Argumento, persuasão e explicação. **Crítica**. Agosto de, 2003.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C. A busca das ideias estruturantes da biologia na história do estudo dos seres vivos no século XIX. **Theoria-Revista Eletrônica de Filosofia Faculdade Católica de Pouso Alegre**, v. 8, n. 19, p. 58-88, 2016. Disponível em: <<http://www.theoria.com.br/edicao19/04012016RT.pdf>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National science education standards**. National Academies Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **The aging mind: Opportunities in cognitive research**. National Academies Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2012. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, DC: The National Academies Press. 2012. <https://doi.org/10.17226/13165>.

NEWTON, P.; DRIVER, R.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. **International Journal of Science Education**, 21, n. 5, p. 553-576, 1999.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science education**, 87, n. 2, p. 224-240, 2003.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M.; KORPAN, C. A. University students' interpretation of media reports of science and its relationship to background knowledge, interest, and reading difficulty. **Public Understanding of Science**, 12, n. 2, p. 123-145, 2003.

OLIVER, G. D. S. Debates científicos e a produção do vinho paulista, 1890-1930. **Revista Brasileira de História**, 27, n. 54, p. 239-260, 2007-12 2007.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. **Science Education**, 96, n. 5, p. 814-817, Sep 2012.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? **Science Education**, 95, n. 4, p. 627-638, Jul 2011.

PEDASTE, M.; MAEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; DE JONG, T. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, 14, p. 47-61, Feb 2015.

PEREYRA, M. A.; KOTTHOFF, H.; COWEN, R. PISA a examen: cambiando el conocimiento, cambiando las pruebas y cambiando las escuelas. Introducción al monográfico. **Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado**, v. 17, n. 2, p. 6-14, 2013.

PESSANHA, E. C.; DANIEL, M. E. B.; MENEGAZZO, M. A. Da história das disciplinas escolares à história da cultura escolar: uma trajetória de pesquisa. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, p. 57-69, 2004-12 2004.

PESSOA, F. "Poemas Inconjuntos". **Poemas Completos de Alberto Caeiro**. Fernando Pessoa. (Recolha, transcrição e notas de Teresa Sobral Cunha.) Lisboa: Presença, 1994. - 135.

PISA. **Programa Internacional de Avaliação de Documentos 2015**. Exemplos de Itens Liberados de Ciências. Tradução do documento: CY6_TST_PISA

2015FT_Released_Cognitive_Items. 2015. Realizada por Lenice Medeiros-Daeb/Inep. 2015. 45p. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/itens/2015/itens_liberados_ciencias_pisa_2015.pdf> Acesso em: 20 jun. 2016.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O PAPEL DA NATUREZA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO PARA A CIDADANIA The role of the Nature of Science in citizens' education. **Ciência & Educação**, 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

REISER, B. J.; TABAK, I.; SANDOVAL, W. A.; SMITH, B. K. *et al.* BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. **Cognition and Instruction: Twenty-Five Years of Progress**, p. 263-305, 2001. Proceedings Paper.

RESÉNDIZ, E. La variación y las explicaciones didácticas de los profesores en situación escolar. **Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa**, 9, p. 435-458, 2006.

REVELES, J. M.; CORDOVA, R.; KELLY, G. J. Science literacy and academic identity formulation. **Journal of Research in Science Teaching**, 41, n. 10, p. 1111-1144, Dec 2004.

ROGERS, M. A. P.; ABELL, S. K. The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: A case study. **Science Education**, 92, n. 4, p. 591-607, Jul 2008.

ROTH, W. M. Undoing decontextualization or how scientists come to understand their own data/graphs. **Science Education**, 97, n. 1, p. 80-112, Jan 2013.

RUDOLPH, J. L. Portraying epistemology: School science in historical context. **Science Education**, 87, n. 1, p. 64-79, Jan 2003. Article.

SACA, L. Y. **Discurso e aspectos epistêmicos: análise de aulas de ensino por investigação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, University of São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.48.2017.tde-14072017-150331. Acesso em: 2019-10-03.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. **Science Education**, 92, n. 3, p. 447-472, May 2008.

SANDOVAL, W. A. Students' uses of data as evidence in scientific explanations. In: **Annual Meeting of the American Educational Research Assn, Seattle, WA**. 2001.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. **Cognition and Instruction**, 23, n. 1, p. 23-55, 2005.

SANDOVAL, W. A.; REISER, B. J. Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. **Science Education**, 88, n. 3, p. 345-372, 2004.

SANTOS, W. L. P. D. Letramento em química, educação planetária e inclusão social. **Química Nova**, 29, p. 611-620, 2006.

SANTOS, W. L. P. D. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, 12, p. 474-492, 2007.

SANTOS, W. L. P. D.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, 7, n. 1, p. 95-111, 2001 2001.

SÃO PAULO (SP). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. **Currículo da Cidade: Ensino Fundamental: Ciências Naturais**. São Paulo: SME/COPED, 2017. Disponível em: <<https://www.sinesp.org.br/images/2017/BaseCurricular-2018-Ciencias.pdf>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica no ensino Fundamental–Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. **São Paulo: sn**, 2008.

SASSERON, L. H. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 17, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. D. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. **Ciência & Educação (Bauru)**, 17, p. 97-114, 2011a.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. UMA ANÁLISE DE REFERENCIAIS TEÓRICOS SOBRE A ESTRUTURA DO ARGUMENTO PARA ESTUDOS DE ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 13, p. 243-262, 2011b.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. AÇÕES E INDICADORES DA CONSTRUÇÃO DO ARGUMENTO EM AULA DE CIÊNCIAS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 15, p. 169-189, 2013.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, 13, n. 3, p. 333-352, 2016.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. ENSINO DE CIÊNCIAS E AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS: O PAPEL DO PROFESSOR E O

ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES. **Investigações em Ensino de Ciências IENCI**, Volume 21(2), n. file:///C:/Users/Tiago/Downloads/19-570-1-PB%20(1).pdf, p. pp. 52 - 67, Agosto 2016 2016a. Artigo.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. ENSINO DE CIÊNCIAS E AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS: O PAPEL DO PROFESSOR E O ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES/Science Teaching and epistemic practices: teachers' role and students' engagement. **Investigações em Ensino de Ciências**, 21, n. 2, p. 52, 2016b.

SCARPA, D. L. **Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na biologia**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.48.2009.tde-23092009-144938. Acesso em: 2019-10-04

SCARPA, L.D.; TRIVELATO, S. L. F. Movimentos entre a cultura escolar e cultura científica: análise de argumentos em diferentes contextos. **MAGIS. Revista Internacional de Investigacion en Educacion**, v. 6, n. 12, p. 69-85, 2013.

SCARPA, D.; SILVA, M. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. **O ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SCHWAB, J. J. The concept of the structure of a discipline. **Educational record**, 43, n. 3, p. 197-205, 1962.

SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN, P. F. **The teaching of science: The teaching of science as enquiry**. Harvard University Press, 1962.

SCIENCE, A. A. F. T. A. O. **AAAS 1989: Science for All Americans: A PROJECT 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics, and Technology**: Oxford University Press, Oxford.

SHAMOS, Morris Herbert. **The myth of scientific literacy**. Rutgers University Press, 1995.

SILVA, M. D. Explicação do conteúdo: elemento estruturante da aprendizagem eficaz. **Cadernos de Pesquisa**, p. 195-205, 2002.

SILVA, A. C. T. **Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes**. 2008. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, maio de 2008.

SILVA, C. C.; CUNHA, R. A. D.; SANTOS F. R. C. T.; FELIPE, R. N. B. Desenvolvimento de tecidos de sisal para utilização em compósitos poliméricos. **Holos**, 4, 12-19. 2009.

SILVA, R. D. P. O. **Análise da argumentação e de seus processos formadores em uma aula de Biologia**. 2011. Dissertação (Mestrado - Interunidades em Ensino de Ciências Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. 2011.

SILVA, M. B. **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia**. 2015. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015a. doi:10.11606/T.48.2015.tde-20052015-100507. Acesso em: 2019-10-09.

SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, 2015b. ISSN 1415-2150.

SILVA, M.; GEROLIN, E.; TRIVELATO, S. Ensino de biologia por investigação: caracterização das práticas epistêmicas no contexto de uma atividade investigativa de ecologia. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XI ENPEC). 2017, **Anais do XII ENPEC**. Santa Catarina. SC. 2017.

SILVA, M.; GEROLIN, E.; TRIVELATO, S. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, **18(3)**, 905-933. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183905>. Acesso em: 2019-10-06.

SMITH, C.; SNIR, J.; GROSSLIGHT, L. USING CONCEPTUAL MODELS TO FACILITATE CONCEPTUAL CHANGE - THE CASE OF WEIGHT-DENSITY DIFFERENTIATION. **Cognition and Instruction**, 9, n. 3, p. 221-283, 1992. Article.

SUISSO, C.; GALIETA, T. Relações entre leitura, escrita e alfabetização/letramento científico: um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, 21, p. 991-1009, 2015.

TAKEUCHI, M. R.; OSORIO, T. C. **Ser protagonista** – Biologia – Ensino Médio. 1. ed., v. 2, Rio de Janeiro: Edições SM, 2013. 320 p.

TAVARES, T. F.; PRESTES, M. E. B. Pseudo-história e ensino de ciências: o caso Robert Hooke (1635-1703). **Revista da Biologia**, v. 9, n. 2, p. 35-42, 2018. Disponível em: <https://www.ib.usp.br/revista/node/128>. Acesso em: 2019-10-06.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência & Educação (Bauru)**, 19, p. 795-809, 2013.

TONIDANDEL, Sandra Maria Rudella. **Escrita argumentativa de alunos do ensino médio alicerçada em dados obtidos em experimentos de biologia**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/D.48.2008.tde-05112009-153303. Acesso em: 2019-10-02.

TONIDANDEL, S. Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica. **O desenvolvimento da argumentação dos discentes no uso de dados como evidência da seleção natural numa Sequência Didática baseada em investigação**, 190, 2013.

TOULMIN, S. **The uses of argument**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1958.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. Tradução de Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

TRIVELATO, S. L. F.; SCARPA, D. L. INVESTIGANDO A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM SALA DE AULA POR MEIO DA ANÁLISE DE PROCESSOS DE ENCULTURAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (V ENPEC)., 2005, Bauru. **Anais do V ENPEC**. Bauru: UNESP, 2005. v. 5. p. 1-8.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. Ensino de ciências. **São Paulo: Cengage Learning**, 2011.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, 17, p. 97-114, 2015.

ULLRICH, D. R.; OLIVEIRA, J. S.; BASSO, K.; VISENTINI, M. S. Reflexões teóricas sobre confiabilidade e validade em pesquisas qualitativas: em direção à reflexividade analítica. **Análise**, 23(1). 2012. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/fo/ojs/index.php/face/article/view/11329/9676>>. Acesso em: 10, setembro. 2019.

VIZCAINO ARÉVALO, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, p. 95-111, 2015.

VYGOTSKY, L. Desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos na idade escolar. **Psicologia pedagógica**, p. 517-545, 2010.

VYGOTSKY, L. S. Mind in society: The development of higher psychological functions. **Harvard, Cambridge, MA**, 1978.

WERTSCH, J. V. **A sociocultural approach to socially shared cognition**. 1991. ISSN 1557981213.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S. Exploring middle school students' use of inscriptions in project-based science classrooms. **Science Education**, 90, n. 5, p. 852-873, Sep 2006.

APÊNDICE A: Quadro completo com todos os artigos publicados na base de dados da SciELO que contivessem o termo *Scientific Literacy*.

Quadro 25: Quadro completo com todos os artigos publicados na base de dados da SciELO que contivessem o termo *Scientific Literacy*.

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
1	LACERDA, Gilberto. Alfabetização científica e formação profissional. Educ. Soc. , Campinas, v. 18, n. 60, p. 91-108, Dec. 1997.	Title e Abstract	Alfabetização Científica	1997	Brasil	Brasil
2	LEAL, Maria Cristina; GOUVEA, Guaracira. NARRATIVA, MITO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: O ENSINO DE CIÊNCIAS NA ESCOLA E NO MUSEU. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 5-33, June 2000.	Abstract	Alfabetização Científica	2000	Brasil	Brasil
3	SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.	Abstract	Letramento Científico	2001	Brasil	Brasil
4	LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO CONTEXTO DAS SÉRIES INICIAIS. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, June 2001	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
5	CAZELLI, Sibeles; FRANCO, Creso. ALFABETISMO CIENTÍFICO: NOVOS DESAFIOS NO CONTEXTO DA GLOBALIZAÇÃO. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 167-184, Dec. 2001	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
6	AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA QUÊ?. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 122-134, Dec. 2001.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2001	Brasil	Brasil
7	BRANDI, Arlete Terezinha Esteves; GURGEL, Célia Margutti do Amaral. A alfabetização científica e o processo de ler e escrever em séries iniciais: emergências de um estudo de investigação-ação. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 8, n. 1, p. 113-125, 2002.	Keywords	Alfabetização Científica	2002	Brasil	Brasil
8	COSTA, Luciano Gonsalves; COSTA, Ana Paula Astrath. O ensino de física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-x com enfoque na prevenção e tecnologia. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 8, n. 2, p. 161-165, 2002.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2002	Brasil	Brasil
9	CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, Apr. 2003.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2003	Brasil	Brasil

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
10	AULER, Décio. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: UM NOVO "PARADIGMA"? Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 68-83, June 2003.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2003	Brasil	Brasil
11	MATA, Paulina et al. Cientistas de palmo e meio: Uma brincadeira muito séria. Aná. Psicológica , Lisboa, v. 22, n. 1, p. 169-174, mar. 2004 .	Keywords	Literacia em ciência	2004	Portugal	Portugal
12	MARTINS, Valter. Algumas letras, pouca saúde: Campinas, primeira metade do Oitocentos. Educ. rev. , Curitiba, n. 26, p. 01-15, Dec. 2005.	Abstract	Cientificament e Literados	2006	Portugal	Portugal
13	MAGALHAES, Sandra Isabel Rodrigues; TENREIRO-VIEIRA, Celina. Educação em Ciências para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico: Um programa de formação de professores. Rev. Port. de Educação , Braga , v. 19, n. 2, p. 85-110, 2006 .	Abstract	Cientificament e Literados	2006	Portugal	Portugal
14	SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Letramento em química, educação planetária e inclusão social. Quím. Nova , São Paulo, v. 29, n. 3, p. 611-620, June 2006.	Abstract e Keywords	Letramento Científico	2006	Brasil	Brasil
15	VIEIRA, Nuno. Literacia Científica e Educação de Ciência. Dois objectivos para a mesma aula. Rev. Lusófona de Educação , Lisboa , n. 10, p. 97-108, 2007 .	Title e Abstract	Literacia Científica	2007	Portugal	Portugal
16	PRAIA, João; GIL-PEREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, Aug. 2007.	Keywords	Alfabetização Científica	2007	Brasil	Portugal Espanha Espanha
17	SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, Dec. 2007.	Title, Abstract e Keywords	AC e LC	2007	Brasil	Brasil
18	OLIVER, Graciela de Souza. Debates científicos e a produção do vinho paulista, 1890-1930. Rev. Bras. Hist. , São Paulo, v. 27, n. 54, p. 239-260, Dec. 2007.	Keywords	divulgação científica	2007	Brasil	Brasil
19	OLIVEIRA, Teresa et al. Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. Educ. rev. , Curitiba, n. 34, p. 19-33, 2009.	Abstract	Literacia Científica	2009	Brasil	Portugal
20	SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009.	Keywords	Alfabetização Científica	2009	Brasil	Brasil
21	MILARE, Tathiane; ALVES FILHO, José de Pinho. Do ensino disciplinar à formação interdisciplinar da cidadania no Ensino de Ciências. Educ. quím , México, v. 21, n. 1, p. 53-59, 2010.	Abstract e Keywords	n°	2010	México	Brasil

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
23	OLIVEIRA, Moisés Alves de. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO CLUBE DE CIÊNCIAS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA QUESTÃO DE INSCRIÇÃO. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 11-26, Aug. 2010 .	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2010	Brasil	Brasil
24	CARAMELLO, Giselle Watanabe et al. Articulação Centro de Pesquisa: Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. Rev. Bras. Ensino Fís. , São Paulo, v. 32, n. 3, p. 1-9, Sept. 2010.	Title	Alfabetização Científica	2010	Brasil	Brasil
25	NIGRO, Rogério Gonçalves; AZEVEDO, Maria Nizete. Ensino de ciências no fundamental 1: perfil de um grupo de professores em formação continuada num contexto de alfabetização científica. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 17, n. 3, p. 705-720, 2011 .	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2011	Brasil	Brasil
26	SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2011	Brasil	Brasil
27	NIGRO, Rogério Gonçalves; AZEVEDO, Maria Nizete. Ensino de ciências no fundamental 1: perfil de um grupo de professores em formação continuada num contexto de alfabetização científica. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 17, n. 3, p. 705-720, 2011.	Title	Alfabetização Científica	2011	Brasil	Brasil
28	SOUZA, Vitor Fabrício Machado; SASSERON, Lucia Helena. As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 18, n. 3, p. 593-611, 2012.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2012	Brasil	Brasil
29	FEJES, Marcela et al. Contribuições de um encontro juvenil para enculturação científica. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 18, n. 4, p. 769-786, 2012.	Title e Abstract	Enculturação Científica	2012	Brasil	Brasil
30	MOREIRA, Leonardo Maciel. Oxigênio: uma abordagem filosófica visando discussões acerca da educação em ciências - parte 1: poder e ambição. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 18, n. 4, p. 803-818, 2012.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2012	Brasil	Brasil
31	REGIANI, Anelise Maria et al. SEGUINDO OS PASSOS DE SHERLOCK HOLMES: EXPERIÊNCIA INTERDISCIPLINAR EM ENCONTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 185-198, Dec. 2012.	Abstract	Alfabetização Científica	2012	Brasil	Brasil
32	TEIXEIRA, Francimar Martins. Alfabetização científica: questões para reflexão. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2013	Brasil	Brasil
33	TENREIRO-VIEIRA, Celina; VIEIRA, Rui Marques. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 163-188, Mar. 2013 .	Abstract e Keywords	Literacia científica	2013	Brasil	Portugal

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
34	RAMOS, Luan da Costa; SA, Luciana Passos. A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS EM ATIVIDADES BASEADAS NO PROGRAMA "MÃO NA MASSA". Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 123-140, Aug. 2013.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2013	Brasil	Brasil
35	OLIVEIRA, Carmen Irene Correia de. A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA COMO ELEMENTO DE DESENVOLVIMENTO HUMANO: UMA PERSPECTIVA DE CONSTRUÇÃO DISCURSIVA. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 105-122, Aug. 2013.	Abstract	Alfabetização Científica	2013	Brasil	Brasil
36	SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. AÇÕES E INDICADORES DA CONSTRUÇÃO DO ARGUMENTO EM AULA DE CIÊNCIAS. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 169-189, Aug. 2013 .	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2013	Brasil	Brasil
37	KONDRAT, Hebert; MACIEL, Maria Delourdes. Educação ambiental para a escola básica: contribuições para o desenvolvimento da cidadania e da sustentabilidade. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 18, n. 55, p. 825-846, Dec. 2013.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2013	Brasil	Brasil
38	VIEIRA, Hugo; MORAIS, Carla; PAIVA, João. Dinâmicas de inquiry no estudo de perturbações a um estado de equilíbrio químico. Quím. Nova , São Paulo, v. 37, n. 9, p. 1573-1578, 2014.	Abstract	Literacia científica	2014	Brasil	Portugal
39	MORAES, Amaury Cesar de. Ciência e ideologia na prática dos professores de sociologia no ensino médio: da neutralidade impossível ao engajamento indesejável, ou seria o inverso? Educ. Real. , Porto Alegre, v. 39, n. 1, p. 17-38, Mar. 2014.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2014	Brasil	Brasil
40	WATANABE, Graciella; GURGEL, Ivã; MUNHOZ, Marcelo G. O que se pode aprender com o evento Masterclasses - CERN na perspectiva do ensino de física de partículas. Rev. Brás. Ensino Fís. São Paulo, v.36, n.1, p.110, Mar2014	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2014	Brasil	Brasil
41	MORAIS, Carla; PAIVA, João. Olhares e reflexões contemporâneas sobre o triângulo sociedade-educação-tecnologias e suas influências no ensino das ciências. Educ. Pesqui. , São Paulo, v. 40, n. 4, p. 953-964, Dec. 2014 .	Abstract	Letramento Científico	2014	Brasil	Portugal
42	RIBEIRO, Thiago Vasconcelos; GENOVESE, Luiz Gonzaga Roversi. O emergir da perspectiva de Ensino por Pesquisa de Núcleos Integrados no contexto da implementação de uma proposta CTSA no Ensino Médio. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 21, n. 1, p. 1-29, Mar. 2015 .	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
43	ANTUNES, Maria P. Lobo; GALVAO, Cecília. Manuais escolares de Ciências Naturais de 8º ano em Portugal e estrutura conceptual do PISA 2006. Rev. Port. de Educação , Braga, v. 28, n. 1, p. 139-169, jun. 2015 .	Abstract	Literacia Científica	2015	Portugal	Portugal
44	MOREIRA, Leonardo Maciel; MARANDINO, Martha. Teatro de temática científica: conceituação, conflitos, papel pedagógico e contexto brasileiro. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 21, n. 2, p. 511-523, June 2015.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil
45	MOTOKANE, Marcelo Tadeu. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS E ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE ECOLOGIA. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 115-138, Nov. 2015.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil
46	SASSERON, Lúcia Helena. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49-67, Nov. 2015.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil
47	TRIVELATO, Sílvia L. Frateschi; TONIDANDEL, Sandra M. Rudella. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 97-114, Nov. 2015.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil
48	MIRANDA, Mayara de Souza; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; SUART, Rita de Cássia. PROMOVENDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA POR MEIO DE ENSINO INVESTIGATIVO NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA: CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL DOCENTE. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 555-583, Dec. 2015.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2015	Brasil	Brasil
49	SUISSO, Carolina; GALIETA, Tatiana. Relações entre leitura, escrita e alfabetização/letramento científico: um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 21, n. 4, p. 991-1009, Dec. 2015.	Title, Abstract e Keywords	AC e LC	2015	Brasil	Brasil
50	BRITO, Liliâne Oliveira de; FIREMAN, Elton Casado. ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA PROMOÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NOS PRIMEIROS ANOS DO ENSINO FUNDAMENTAL. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) , Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 123-146, Apr.2016.	Title, Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2016	Brasil	Brasil
51	SERRAO, Luis Felipe Soares et al. A experiência de um indicador de letramento científico. Cad. Pesqui. , São Paulo, v.46,n.160,p334-361,June 2016.	Title, Abstract e Keywords	Letramento Científico	2016	Brasil	Brasil

n°	Artigo	Onde o termo "Scientific Literacy" aparece	Termo usado em português	Ano de publicação	País da publicação	País dos autores
52	BENETTI CLEBSCH, Angelisa; VENTURI, Tiago. Ensino do Câncer de Pele na Escola Básica utilizando material de divulgação científica. Revista de Investigación , Caracas, v. 40, n. 88, p. 229-247, agosto 2016.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2016	Venezuela	Brasil
53	WATANABE, Graciella et al. O evento CERN Masterclasses: Hands on Particle Physics: contribuições sobre seu papel na comunicação científica a partir de percepções de seus participantes. Rev. Bras. Ensino Fís. , São Paulo, v. 38, n. 3, e3401, 2016.	abstract	Literacia Científica	2016	Brasil	Brasil
54	TENREIRO-VIEIRA, Celina; MARQUES VIEIRA, Rui. Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico. Rev. iberoam. cienc. tecnol. soc. , Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 11, n. 33, p. 143-159, sept. 2016 .	Abstract	Literacia científica	2016	Argentina	Portugal
55	MORAIS, José; KOLINSKY, Régine. Literacia científica: leitura e produção de textos científicos. Educ. rev. , Curitiba, n. 62, p. 143-162, Dec. 2016.	Abstract e Keywords	Literacia científica	2016	Brasil	Portugal Bélgica
56	CALDAS, Jocasta; CRISPINO, Luís C. B. Divulgação científica na Amazônia: O Laboratório de Demonstrações da UFPA. Rev. Bras. Ensino Fís. , São Paulo, v. 39, n. 2, e2309, 2017.	abstract	Alfabetização Científica	2017	Brasil	Brasil
57	ROSA, Livia Maria Ribeiro; SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Regência e análise de uma sequência de aulas de química: contribuições para a formação inicial docente reflexiva. Ciênc. educ. (Bauru) , Bauru, v. 23, n. 1, p. 51-70, Mar. 2017.	Abstract e Keywords	Alfabetização Científica	2017	Brasil	Brasil
58	CUNHA, RODRIGO BASTOS. Alfabetização científica ou letramento científico? interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. Rev. Bras. Educ. , Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 169-186, Mar. 2017.	Title, Abstract, Keywords e corpo do texto	AC e LC	2017	Brasil	Brasil

APÊNDICE B: Materiais da aula/atividade 1 - *Robert Hooke* e o Salto da Pulga da versão aplicada na FASESP

O Mundo Microscópico

Atividade 1.1: Relatório de investigação ou Comunicação Científica

Na aula de hoje vamos seguir os passos de um grande pesquisador do século XVII chamado *Robert Hooke*. *Hooke* foi autor de um livro importantíssimo para o desvendamento do mundo microscópico. O Livro *Micrographia* traz mais de 60 investigações feitas por *Hooke*.

Hooke não fazia observações ao acaso, ele era um pesquisador experiente, sabia fazer perguntas e tentava respondê-las através da observação da estrutura microscópica.

Comanda:

Vocês devem seguir a metodologia experimental do trabalho de *Hooke* e **elaborar um relatório** de investigação. Para auxiliar vocês alguns itens, ou partes de alguns itens, são fornecidos pelo professor:

1. Introdução:

- No texto no final da página há informações sobre as Pulgas e sobre Robert Hooke e o livro *Micrographia*

2. Objetivo:

Questão de Investigação: Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?

4. Materiais (cabem a vocês) e Métodos:

Embora não revele o modo como fez os desenhos, provavelmente *Hooke* primeiramente fez um esboço do corpo todo do inseto, com baixa resolução, para ter uma ideia clara sobre o conjunto; e produziu a imagem de cada parte da pulga separadamente, juntando depois as diversas partes.

- Pegue uma pulga com o professor.

5. Resultados:

- Desenhe detalhadamente o que vê no menor aumento e no segundo menor aumento (não esqueça de registrar quais os aumentos utilizados).
- Descreva o que observam.
- etc

6. Discussão e 7. Conclusão:

Cabe a vocês. Podem ser apresentados:

- Resultados, Discussão e Conclusão separados
- Resultados e Discussão juntos e Conclusão separada
- Resultados separado, Discussão e Conclusão juntos

Atividade 1.2: Comparando com Hooke

Comanda: Compare o desenho e a descrição feitos por *Hooke* com o desenho e descrição que você fez anteriormente.

- Pegue com o professor a descrição e o desenho de *Hooke*

Atividade 1.3: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Marque na linha do tempo recebida à parte os eventos que julgar importantes para a microbiologia.

- Pegue com o professor a linha do tempo (esta linha será preenchida ao longo de todas as aulas da Sequencia)

Robert Hooke e o Micrographia

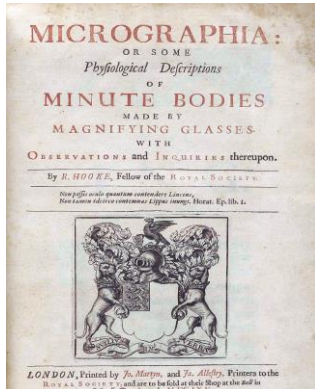


Figura 2: Capa do livro *Micrographia*, Robert Hooke

posses depois do grande incêndio de Londres em 1666, quando trabalhou na reconstrução da cidade.



Figura 4 : Microscópio composto representado por Hooke em *Micrographia*.

Robert Hooke (fig.1) nasceu em 18 de Julho de 1635 na Inglaterra. Quando criança Hooke era fraco e doentio, quando adulto era descrito como muito magro e corcunda.

Os membros da *Royal Society* valorizavam muito a observação e a experimentação, mas não tinham a facilidade e o interesse em preparar pessoalmente seus experimentos e mostrá-los aos demais participantes. Para isso contrataram Hooke que deveria não apenas produzir três ou quatro novos experimentos semanais por sua livre iniciativa, como ainda preparar outros solicitados pelos membros da *Royal Society*.



Figura 1: Robert Hooke

Ao contrário da maioria dos membros da *Royal Society*, Hooke não era um aristocrata e só conquistou

O livro *Micrographia* (fig.2), publicado em 1665 por Robert Hooke (Fig.02) (1635-1703), foi uma das primeiras obras onde o microscópio foi aplicado ao estudo dos seres vivos. Alguns desenhos minuciosos desse livro se tornaram famosos, como o da cortiça e o de um piolho (fig.3). Não há dúvidas de que a microscopia introduziu um novo modo de ver o mundo.

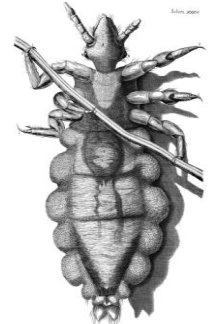


Figura 3: Piolho desenhado por Robert Hooke

O trabalho de Hooke não foi simplesmente um conjunto de observações ao acaso. Ele era um pesquisador experiente, tendo trabalhado com Robert Boyle e outros importantes cientistas durante muitos anos. Sabia fazer perguntas e tentava respondê-las através da observação da estrutura microscópica com seu microscópio composto (fig.4).

Uma das figuras mais famosas do *Micrographia* é a de uma pulga, representada na prancha 34 e descrita na observação 53 do livro (Hooke, 1665, pp. 210-211). O desenho da pulga é extremamente detalhado e bem feito, sob o ponto de vista artístico, dando a impressão de estarmos vendo um objeto tridimensional.

Informações sobre as pulgas:

As pulgas são insetos sem asas (Reino: Animalia, Filo: Arthropoda, Subfilo: Hexapoda, Classe: Insecta, Ordem: Siphonaptera). São parasitas externos que se alimentam do sangue de mamíferos e aves. Estes animais podem transmitir doenças graves como o tifo e a peste bubônica. Elas afetam normalmente animais de estimação, como o gato, o cachorro, entre outros. Elas dependem do hospedeiro para se alimentarem e se protegerem, permanecendo toda a sua vida nestes e em outros animais. Além de provocarem incômodo pelas picadas, transmitem vermes, parasitas hematófagos e podem induzir a processos alérgicos, diminuindo a qualidade de vida dos animais.

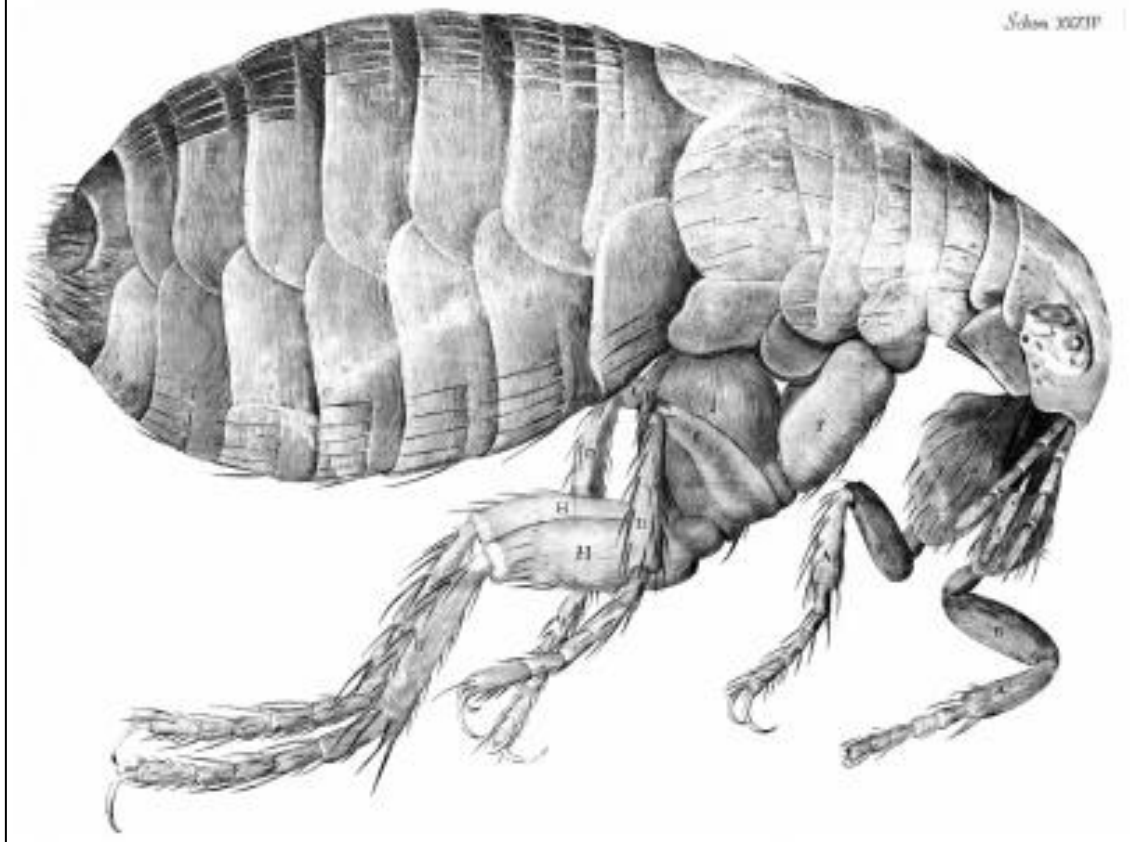
As pulgas apresentam ciclo de metamorfose completo. Ou seja, a fêmea coloca ovos (cerca de 300 a 400 de uma única vez), dos quais eclodem as larvas; estas se transformam em pupa, para então surgir em sua forma adulta. Cabe ressaltar que, dependendo das condições externas, a pulga não emerge imediatamente do seu casulo (ou pupa) - ela pode demorar dias, meses e até um ano para sair do casulo, aguardando condições ideais para sua sobrevivência (um parasita). Isso explica a existência de pulgas em lugares que tenham permanecido desabitados por muito tempo. Uma pulga é capaz de pular a um metro de distância (200 vezes o próprio tamanho), o equivalente, em proporção de tamanho, a um humano saltar o comprimento de um campo de futebol. O tamanho de uma pulga dependendo da espécie pode chegar a 5 mm de comprimento. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Siphonaptera>





O Mundo Microscópico

Explicação de Hooke para a habilidade de saltar da Pulga

Atividade 1.2: Comparando com Hooke

Mas, Com relação à sua força, o Microscópio não é capaz de fazer descobertas maiores do que o olho nu, a não ser pelo curioso arranjo de suas pernas e juntas, para exercer essa força, que se manifesta muito claramente, tal que nenhuma outra criatura que observei até agora possui nada semelhante; pois suas juntas são adaptadas de tal modo que ela pode, por assim dizer, dobrá-las uma dentro da outra, e subitamente esticá-las até seu comprimento completo, ou seja, das pernas frontais, as partes A do esquema 34, ficam dentro de B, e B dentro de C, paralelas ou lado a lado. Mas as partes das duas [patas] seguintes ficam ao contrário, ou seja, E dentro de D, e F dentro de E, mas também paralelas; mas as partes das pernas posteriores, G, H e I, se dobram uma dentro da outra, como as partes de uma régua articulada dupla, ou como o pé, perna e coxa de um homem. Ela [a pulga] contrai essas seis pernas em conjunto, e quando pula, as estica e assim exerce sua força total de uma só vez.



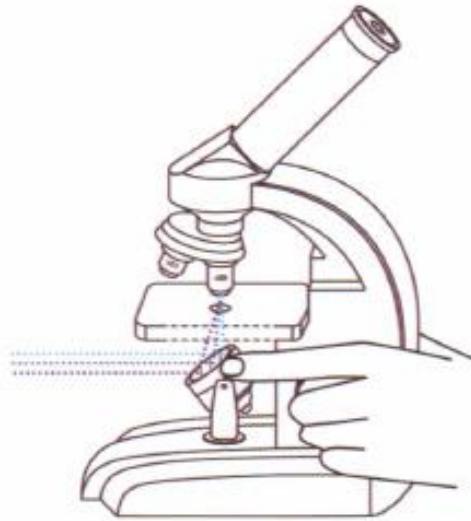
<p style="text-align: center;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Fonte: GUNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília: UnB, 2003.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>O que é um relato (relatório) de pesquisa?</p> <p>Fonte: GUNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília: UnB, 2003.</p>
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>O que é um relato (relatório) de pesquisa? Trabalho científico é o exercício de organizar ideias e dados.</p> <p>Fonte: GUNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília: UnB, 2003.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>Folha de Rosto (Capa): título, autor(es), data, instituição</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução: 2. Objetivo: 3. Hipóteses: 4. Metodologia ou Materiais e métodos: 5. Resultados: 6. Discussão: 7. Conclusão: 8. Referências:
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>Para entender como se elabora um relato de investigação vamos na aula de hoje seguir os passos de um grande pesquisador do século XVII chamado Rober Hooke.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  X  </div>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>Para entender como se elabora um relato de investigação vamos na aula de hoje seguir os passos de um grande pesquisador do século XVII chamado Rober Hooke.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Hooke foi autor de um livro importantíssimo para o desvendamento do mundo microscópico. O Livro Micrographia traz mais de 60 investigações feitas por Hooke.</p> <p>Hooke não fazia observações ao acaso, ele era um pesquisador experiente, sabia fazer perguntas e tentava respondê-las através da observação da estrutura microscópica.</p> </div>  </div>
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>Folha de Rosto (Capa): título, autor(es), data, instituição</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução: 2. Objetivo: Investigar por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal? 3. Hipóteses: 4. Metodologia ou Materiais e métodos: 5. Resultados: 6. Discussão: 7. Conclusão: 8. Referências: 	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>Folha de Rosto (Capa) Que título podemos dar?</p> <p>Título: Deve indicar claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho. Pode ser escrito como uma pergunta.</p> <p>→ Deem um título.</p> <p><i>(...) um título atrativo capta o potencial leitor da obra, aumentando a probabilidade de destacar-se no número cada vez maior de trabalhos científicos (ou de relatório dos alunos). É que seja de fato lido (GUNTHER, 2005).</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">TÍTULO DA OBRA</p> <p style="text-align: center;">SUBTÍTULO DA OBRA (SE HOUVER)</p> <p style="text-align: center;">—</p> <p style="text-align: center;">Autor da Obra</p> <p style="text-align: center;">—</p> <p style="text-align: center;">Local</p> <p style="text-align: center;">Ano</p> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Nome ou logotipo da casa publicadora</p> </div>

<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>1. Introdução O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema a ser investigado. → O que colocar na Introdução?</p> <p>2. Objetivo: Deve apresentar o objetivo do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação. Investigar por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>2. Objetivo: Investigar por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?</p> <p>3. Hipóteses: São feitas suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta → Formulem uma Hipótese.</p>
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>2. Objetivo: Investigar por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?</p> <p>3. Hipóteses: São feitas suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta → Formulem uma Hipótese.</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>4. Metodologia ou Materiais e Métodos Descrever os métodos, materiais e equipamentos de modo que permita a outro investigador repetir a mesma pesquisa. → Que materiais vocês vão utilizar para investigar a capacidade da pulga saltar tão alto? → Como vocês vão fazer a investigação (metodologia) ?</p> <p><i>‘o que foi feito’ (procedimento), ‘como foi feito’ (instrumentação) e ‘com o que foi feito’.</i></p> <p><i>o ‘por que foi feito’ é parte da Introdução (Gunther, 2003)</i></p>
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>4. Metodologia ou Materiais e Métodos Descrever os métodos, materiais e equipamentos de modo que permita a outro investigador repetir a mesma pesquisa. → Que materiais vocês vão utilizar para investigar a capacidade da pulga saltar tão alto? → Como vocês vão fazer a investigação (metodologia) ?</p> <p>Observar, desenhar e descrever a pulga ao microscópio e comparar com outro animal que não salta bem</p> <p><i>o ‘por que foi feito’ é parte da Introdução (Gunther, 2003)</i></p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>5. Resultados Descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.). → E aí o que colocar?</p> <p><i>‘resultado ≠ discussão’</i></p> <p><i>Tabelas, gráficos, desenhos, esquemas, estatística’</i></p> <p style="text-align: right;">(Gunther, 2003)</p>
<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>5. Resultados Descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.). → E aí o que colocar?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenho detalhado da pulga no menor aumento e no segundo menor aumento (não esqueça de registrar quais os aumentos utilizados). • Descreva o que observam. <p style="text-align: right;">(Gunther, 2003)</p>	<p style="text-align: right; font-size: small;">Como Elaborar um Relato de Pesquisa</p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>6. Discussão: Os dados obtidos devem ser analisados, interpretados, sempre fazendo referência aos dados obtidos e apresentados nos resultados. Este é o capítulo mais livre.</p> <p>7. Conclusão: A conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação).</p> <p>Podem ser apresentados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resultados, Discussão e Conclusão separados • Resultados e Discussão juntos e Conclusão separada • Resultados separado, Discussão e Conclusão juntos

<p style="text-align: center;"><small>Como Elaborar um Relato de Pesquisa</small></p> <p>Quais as partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico?</p> <p>8. Referências: Deve trazer, seguindo as normas da ABNT, as referências de onde vocês tiraram as informações para fazer o relatório. Qualquer informação ou afirmação que não seja resultado de sua investigação deve ter a fonte trazida aqui (seja livro, site, revista científica etc).</p> <p>Ex:</p> <p>GUNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília: UnB, 2003.</p>	<p style="text-align: center;"><small>Como Elaborar um Relato de Pesquisa</small></p> <p>Rememorando e ligando os elementos de um Relatório?</p> <p>Folha de Rosto (Capa): título, autor(es), data, instituição</p> <p>1. Introdução:</p> <p>2. Objetivo:</p> <p>3. Hipóteses:</p> <p>4. Metodologia ou Materiais e métodos:</p> <p>5. Resultados:</p> <p>6. Discussão:</p> <p>7. Conclusão:</p> <p>8. Referências:</p>
<p style="text-align: center;"><small>Como Elaborar um Relato de Pesquisa</small></p> <p>Rememorando e ligando os elementos de um Relatório?</p> <p>Folha de Rosto (Capa): título, autor(es), data, instituição</p> <p>1. Introdução = Qual o problema estudado?</p> <p>Metodologia = Como o problema foi estudado?</p> <p>Resultados: = Que foi encontrado?</p> <p>4. Discussão = Qual o significado do(s) resultado(s)?</p> <p>5. Conclusão:</p> <p>7. Conclusão:</p> <p>8. Referências:</p>	<p style="text-align: center;"><small>Como Elaborar um Relato de Pesquisa</small></p> <p>Rememorando as Partes essenciais (estrutura básica) de um relatório científico</p> <p>Folha de Rosto (Capa): título do trabalho, autor(es), afiliação institucional e ano da conclusão do trabalho.</p> <p>Título: Deve indicar claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho. Pode ser escrito como uma pergunta.</p> <p>Introdução: O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema a ser investigado.</p> <p>Objetivo: Deve apresentar o objetivo do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação.</p> <p>Hipóteses: São feitas suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta</p> <p>Metodologia ou Materiais e métodos: Descrever os métodos, materiais e equipamentos de modo que permita a outro investigador repetir a mesma pesquisa.</p> <p>Resultados: Descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.).</p> <p>Discussão: Os dados obtidos devem ser analisados, interpretados, sempre fazendo referência aos dados obtidos e apresentados nos resultados. Este é o capítulo mais livre. Pode ser apresentada junto com a Conclusão, num único capítulo.</p> <p>Conclusão: A conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação).</p>
<p style="text-align: center;"><small>Como Elaborar um Relato de Pesquisa</small></p> <p>Referências</p> <p>GUNTHER, H. Como elaborar um questionário. Brasília: UnB, 2003.</p>	

3. É possível utilizar a luz do dia para iluminar suas preparações citológicas, porém isso demanda um pouco de paciência.

- O microscópio deve ser colocado próximo a uma janela ou a uma fonte de luz como uma luminária, por exemplo.
- o espelho deve ser posicionado com um ângulo próximo a 45°, para coletar os raios luminosos e direcioná-los para o orifício que existe na "platina" ou "mesa". Procurar a melhor posição do espelho, isto é, aquela que produzir a iluminação mais favorável para análise.



4. Se o microscópio não for ser utilizado por um período longo de tempo, vários dias, as pilhas devem ser retiradas de sua base.

PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA A CORRETA OBSERVAÇÃO DE UMA PREPARAÇÃO

1. Ligar a fonte luminosa ou posicionar o espelho de modo a obter iluminação suficiente
2. Colocar a lâmina com a preparação sobre a platina.
3. Olhando pelo lado externo, girar com cuidado o parafuso de focalização de forma a aproximar a objetiva de 7x o mais perto possível da preparação. *(Atenção: Não forçar o parafuso de focalização)*
4. Olhando pela ocular, girar vagarosamente o parafuso de focalização no sentido inverso até obter uma imagem nítida do material que foi preparado.
5. A seguir, girar o tambor posicionando a objetiva de 15x sobre a preparação e focalizar o material girando MUITO lentamente o parafuso de focalização, pois o material deverá estar quase em foco. *(Atenção para não aproximar demais a objetiva da lâmina)*
6. Para uma ampliação maior (objetiva de 40x), girar o canhão e posicionar a objetiva de 40x sobre a preparação. Girar o parafuso de focalização (MUITO DEVAGAR) até que o material esteja em foco. *(Atenção para não forçar a objetiva sobre a lâmina, pois ela pode quebrar)*

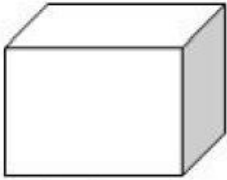
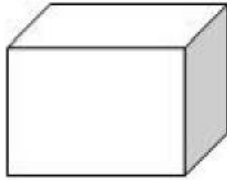
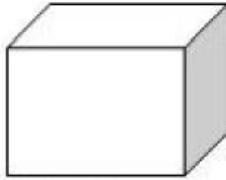

Linha do tempo da *Microbiologia*

Nome: _____
Nome: _____

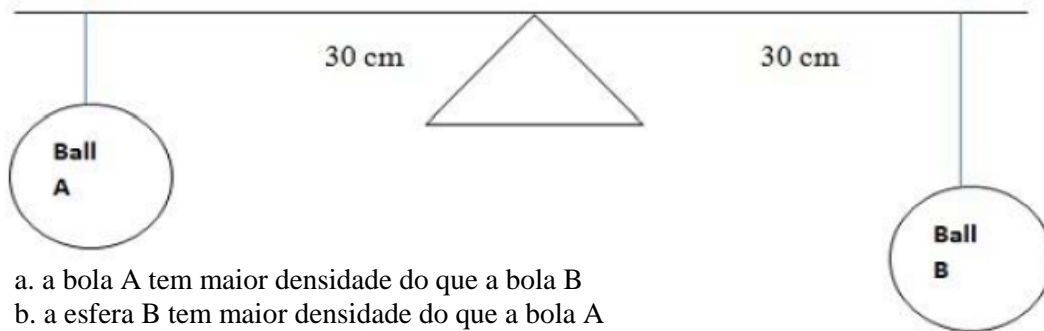
Nome: _____
Nome: _____



APÊNDICE C: Materiais da aula/atividade 2 - Densidade X Flutuabilidade da versão aplicada na FASESP

Questionário Densidade		
Nome: _____ n°: _____ data: ___/___/___		
1. Qual dos seguintes tem o maior volume?		
a. Uma rocha que desloca 25 ml de água		
b. Um cubo que tem um comprimento de 4 cm		
c. Duas bolas que deslocam cada 15 ml de água		
d. Todos os objetos têm o mesmo volume		
2. Os três cubos seguintes têm o mesmo volume, mas densidades diferentes. Eles têm uma densidade diferente devido a:		
		
Cube A	Cube B	Cube C
a. Comprimento, largura e altura diferentes		
b. Mesmo volume		
c. Massas diferentes		
d. Mesmas massas		
3. Qual dos cubos acima (A, B, C) tem a maior densidade?		
a. Cubo A		
b. Cubo B		
c. Cubo C		
d. Não há informações suficientes		
4. Uma pipoca estourada flutua principalmente por causa de:		
a. Grande aumento na sua massa		
b. Grande diminuição na sua densidade		
c. Grande diminuição no seu volume		
d. Grande aumento no seu volume		
5. Na imagem seguinte, há um pedaço de madeira afundada e uma rocha flutuante. O que faz a madeira afundar?		
a. O volume da rocha é maior do que o volume da madeira		
b. A massa da madeira é menor do que a da rocha		
c. A massa e o volume são os mesmos		
d. A densidade da madeira deve ser maior do que a da rocha		
		
6. Qual dos objetos listados na tabela abaixo tem a maior massa?		
a. Objeto A		
b. Objeto B		
c. Objeto C		
d. Objeto D		
Objetos	Densidade	Volume
A	10 g/cm ³	5 cm ³
B	6 g/cm ³	2 cm ³
C	6 g/cm ³	altura: 2 cm largura: 3 cm profundidade: 2 cm
D	5 g/cm ³	5 cm ³
7. A massa de uma substância é de 6 g. Qual é a densidade da substância, que ocupa 3cm ³ ?		
a. 0,2 g		
b. 0,02 g		
c. 2 g		
d. 4g		
8. Uma rocha colocada em um cilindro graduado eleva o nível de água de 20 para 35ml. O volume desta pedra é?		
a. 20 ml		
b. 25 ml		
c. 35 ml		
d. 15 ml		
9. Se a mesma rocha da questão 8 tiver uma massa de 30 g. Sua densidade será:		
a. 2 g/cm ³		
b. 3 g/cm ³		
c. 5 g/cm ³		
d. 3,5 g/cm ³		

10. Duas bolas, que têm o mesmo volume, são colocadas a uma distância igual do centro de uma escala de braço igual. Use o diagrama abaixo para comparar a densidade das bolas A e B:



- a. a bola A tem maior densidade do que a bola B
- b. a esfera B tem maior densidade do que a bola A
- c. elas têm a mesma densidade
- d. mais informações são necessárias

11. Uma bola de borracha sólida afunda quando colocada na água. O que acontecerá se a bola for cortada em dois e uma das peças menores for colocada sob a água?

- a. A peça menor vai subir
- b. A parte menor irá afundar
- c. A peça menor permanecerá imóvel
- d. A peça menor irá dissolver
- e. Não há como prever o que vai acontecer

12. Adicionando mais cobre a um bloco de cobre, você:

- a. Aumente sua densidade
- b. Aumentar sua massa
- c. Diminua sua densidade
- d. Diminuir sua massa

13. Um cascalho é deixado cair em um copo da água e afunda até o fundo do copo. Uma esfera de metal sólida de exatamente o mesmo tamanho é deixada cair no mesmo copo e também afunda até o fundo do copo. Como se pode comparar o cascalho e a esfera de metal?

- a. A esfera de metal e o cascalho têm a mesma densidade
- b. A esfera de metal e o cascalho têm a mesma massa
- c. A esfera de metal e o cascalho são mais densos que a água
- d. A esfera de metal e o cascalho contêm os mesmos materiais

14. Se a densidade de um bloco de madeira = $0,6 \text{ g/cm}^3$, sua densidade será:

- a. Menor que a da água
- b. Maior que a da água
- c. A mesmo que a da água
- d. Mais informações são necessárias

15. Por que os balões, enchidos com a boca, não flutuam no ar como fazem os balões de festa do mesmo tamanho?

16. Consulte a imagem a seguir e explique a diferença (ambas as latas estão em água):



Tradução de: (Almuntasheri *et al.*, 2016)

ALMUNTASHERI, S.; GILLIES, R. M.; WRIGHT, T. The Effectiveness of a Guided Inquiry-Based, Teachers' Professional Development Programme on Saudi Students' Understanding of Density. **Science Education International**, v. 27, n. 1, p. 13, 2016. ISSN ISSN-1450-104X. Disponível em: < <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1100181.pdf> >.

O Mundo Microscópico

Atividade 2.1: Investigando a Densidade e a Flutuabilidade

Comanda: Vocês devem elaborar um relatório único que contenha todos os experimentos feitos nessa aula e a sua conclusão deve propor um modelo explicativo para a flutuabilidade. Este modelo deve explicar a flutuabilidade de modo geral e não apenas para os materiais usados na aula. Deve ser um modelo que alguém de posse de algum material desconhecido possa fazer considerações sobre sua densidade e flutuabilidade.

Em outras palavras o modelo explicativo sobre densidade e flutuabilidade deve ser pensado da seguinte forma: “Como você explicaria densidade e flutuabilidade para um colega que faltou ou para alguém que não é da escola?”

Itens básicos de um relatório:

Folha de Rosto (Capa): título do trabalho, autor(es), afiliação institucional e ano da conclusão do trabalho.

Título: Deve indicar claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho. Pode ser escrito como uma pergunta.

Introdução: O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema a ser investigado.

Objetivo: Deve apresentar o(s) objetivo(s) do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação.

Hipótese(s): São feitas suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta

Materiais e métodos (ou Metodologia): Descrever os métodos, materiais e equipamentos de modo que permita a outro investigador repetir a mesma pesquisa.

Resultados: Descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.).

Discussão: Os dados obtidos devem ser analisados, interpretados, sempre fazendo referência aos dados obtidos e apresentados nos resultados. Este é o capítulo mais livre. Pode ser apresentada junto com a Conclusão, num único capítulo.

Conclusão: A conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação). **Nesta parte do relatório você deve apresentar seu modelo explicativo sobre densidade e flutuabilidade. Ou seria: “Você deve apresentar um modelo que permita a um colega que faltou entender os princípios de densidade e flutuabilidade”**

Experimento Histórico: Densidade e Flutuabilidade da Cortiça

Materiais:

Material
Rolha de cortiça (1) e cortes muito finos de cortiça
Kit Microscópio

Comanda do experimento 1:

1° Vocês devem colocar a cortiça inteira (rolha) e os cortes finos (fornecidos pelo professor) em um frasco (Becker) com água.

2° Devem responder (individualmente), utilizando-se do microscópio: Por que a cortiça é tão leve? Por que a cortiça flutua na água?

Experimento 1: Comparando o peso das duplas de materiais

Materiais: Os materiais em cada dupla devem ter o mesmo volume e formato

Dupla	Material
1	Cubo de isopor (2) X Cubo de rocha (3)(granito)
2	Cilindro de Argila (4) X Cilindro de Cera (5) (vela)
3	Bolinha de Gude pequena (6) X Bolinha de Aço (7)
4	Retângulo de madeira Pinus (8) X Retângulo de madeira Ipê (9)
	Balança de pratos



Experimento 2: Comparando o peso das duplas de materiais II

Materiais: Os materiais em cada dupla devem ter volume diferente

Dupla	Material
1	Cubo de isopor (10) (maior) X Cubo de rocha (3) (menor que o de Isopor)
2	Cilindro de Argila (4) X Cilindro de Cera (11) (vela 7º dia) (maior e mais pesado que a argila)
3	Bolinha de Gude grande (12) X Bolinha de Aço (7) (gude mais pesado que ferro)
4	Retângulo de madeira Pinus (13) (mesmo peso) X Retângulo de madeira Ipê (9)
Balança de pratos	



Comanda do exercício 2:

1º Vocês devem comparar os pesos dos materiais. Não se esqueçam de escrever como fizeram isso e os resultados disso no relatório.

Experimento 3: Comparando o peso dos materiais juntos

Materiais: Os materiais devem ter a seguinte ordem de peso 1, 2, 8, 4, 6, 10, 3, 5, 7 e 9

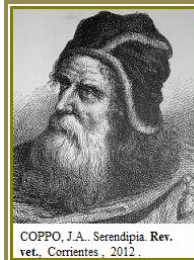
Material
Cubo de isopor menor (2), Cubo de isopor maior (10), Cubo de rocha (3), Bola de argila (15), Cilindro de Cera (11), Bolinha de Aço (7), Retângulo de madeira Pinus maior (13) e menor (8), Retângulo de madeira Ipê maior (14) e menor (9)
Balança de pratos

Comanda do experimento 3:

1º Vocês devem ordenar os materiais do mais leve para o mais pesado. Aqui devem ser particularmente cuidadosos na descrição da metodologia usada.



Arquimedes, e a coroa do Rei Hierão



COPPO, J.A. Serendipia. Rev. vet., Corrientes, 2012.

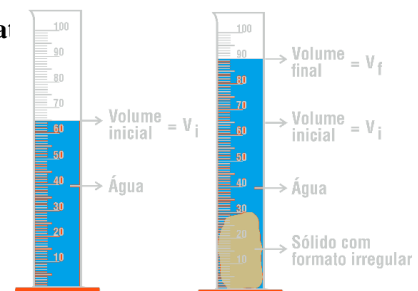
Nascido por volta do ano 287. C., na colônia grega de Siracusa, Arquimedes tem um lugar privilegiado na história da ciência, como notável matemático, físico e engenheiro. Ele é muitas vezes colocada, juntamente com Newton e Gauss, como um dos três maiores matemáticos da história. (Molina, 2008)

A lenda da descoberta do *princípio de Arquimedes* está envolta num apólogo: Hierão, rei de Siracusa, forneceu certo peso em ouro e contratou um ourives para construir uma coroa. Mas desconfiou que o ourives havia misturado prata para chegar no peso certo e roubado ouro. Arquimedes foi solicitado a, sem danificar a coroa, descobrir se o rei havia sido enganado de fato ou não. Conta a lenda que um dia, quando tomava banho, ao observar que à medida que seu corpo mergulhava na banheira, a água subia pelos bordos. Imediatamente percebeu como poderia solucionar o problema, e conta -se que ele teria saído pelas ruas, completamente nu, gritando “Heureka! Heureka!”, isto é, “Achei! Achei!” (Moura e Canalle, 2001);(Ribeiro e Martins, 2007)



Experimento 4: Investigando o Volume (tamanho) dos ma

Material
Cubo de isopor menor (2), Cubo de isopor maior (10), Cubo de rocha (3), Bola de argila (15), Cilindro de Cera (11), Bolinha de Aço (7), Retângulo de madeira Pinus maior (13) e menor (8), Retângulo de madeira Ipê maior (14) e menor (9)
Proveta com água



$$\text{Volume do Sólido} = \text{Volume final} - \text{Volume inicial} \quad (V_s = V_f - V_i)$$

<p>Comanda experimento 4 : 1° Vocês devem ordenar visualmente os materiais do menor para o maior. 2° Agora devem calcular o volume dos materiais fornecidos usando a metodologia de Arquimedes. O volume de um objeto corresponde à variação do volume de um líquido quando o objeto é submerso (ou o volume derramado).</p>
<p>Experimento 5: Flutuabilidade dos materiais 1 Materiais: 1 Os materiais devem ter o mesmo volume e formato</p>
<p>Materiais</p>
<p>Retângulo de isopor pequeno (16), Retângulo de rocha (granito) pequeno (17) Retângulo de Argila pequeno (18), Retângulo de Cera (19), Retângulo de madeira Pinus pequeno (8), Retângulo de madeira Ipê pequeno (9)</p>
<p>Proveta com água</p>
<p>Comanda do experimento 5: 1° Vocês devem dizer se acham que os materiais afundam ou flutuam (boiam) antes de testa-los. 2° Agora devem colocar os objetos em água e testar se eles afundam ou flutuam.</p>
<p>Experimento 6: Flutuabilidade dos materiais 2 Materiais: Os materiais devem ter a seguinte ordem de peso 1, 2, 8, 4, 6, 10, 3, 5, 7 e 9</p>
<p>Material</p>
<p>Cubo de isopor menor (2), Cubo de isopor maior (10), Cubo de rocha pequeno (3), Bola de ar gila (15), Cilindro de Cera grande (11), Bolinha de Aço (7), Retângulo de madeira Pinus maior (13) e menor (8), Retângulo de madeira Ipê maior (14) e menor (9), Fatia fina de madeira Ipê (17) e de Pinus (18)</p>
<p>Proveta com água</p>
<p>Comanda do experimento 6: 1° Vocês devem dizer se acham que os materiais afundam ou flutuam (boiam) antes de testa-los. 2° Agora devem colocar os objetos em água e testar se eles afundam ou flutuam.</p>
<p>Experimento 7: Flutuabilidade dos materiais na água com sal Materiais:</p>
<p>Material</p>
<p>Cubo de madeira Ipê e Cubo de madeira Pinus</p>
<p>Proveta com água e sal (não jogar a água com sal, ela será utilizada adiante)</p>
<p>Comanda do experimento 7: 1° Vocês devem dizer se acham que os materiais afundam ou flutuam (boiam) em água com X colheres sal para cada 250ml de água antes de testa-los. 2° Agora devem colocar os objetos na água com o sal bem dissolvido e testar se eles afundam ou flutuam.</p>
<p>Experimento 8: Flutuabilidade dos materiais em diferentes líquidos Materiais:</p>
<p>Material</p>
<p>Retângulo de madeira Pinus menor (8), Retângulo de madeira Ipê menor (9) e Retângulo Cera pequeno (17)</p>
<p>Proveta com óleo, Proveta com água, Proveta com álcool</p>
<p>Comanda do experimento 8: 1° Vocês devem dizer se acham que os materiais afundam ou flutuam (boiam) em cada recipiente (óleo, água e álcool) antes de testa-los. 2° Agora devem colocar os objetos em cada recipiente e testar se eles afundam ou flutuam.</p>

Experimento 9: Densidade dos materiais
Materiais:
Material
Retângulo de madeira Pinus menor (8), Retângulo de madeira Ipê menor (9) e Retângulo Cera pequeno (17)
Proveta com água
<p>Comanda do experimento 9:</p> <p>1° Vocês devem assistir o vídeo sobre Densidade. https://geekiegames.geekie.com.br/aulas/fisica/hidrostatica-flutuabilidade-de-corpos-e-propriedades-de-fluidos-554bd149f9b4f90023c80654</p> <p>2° Agora devem, sem testa-los ainda, ordenar os materiais do menos denso para o mais denso.</p> <p>3° Devem também justificar a ordenação, dizendo o porquê.</p> <p>4° Devem então propor os valores possíveis da densidade de cada material e justificar o porquê desse valor.</p> <p>5° Agora finalmente devem calcular as densidades.</p>
Experimento 10: Densidade dos materiais 2
Materiais:
Material
Cilindro de cera pequeno (5), Cilindro de cera grande (11), Retângulo de madeira Pinus maior (13) e menor (8), Retângulo de madeira Ipê maior (17) e menor (9)
Proveta com água
<p>Comanda do experimento 9:</p> <p>1° Vocês devem, sem testa-los ainda, ordenar os materiais do menos denso para o mais denso.</p> <p>3° Devem também justificar a ordenação, dizendo o porquê.</p> <p>4° Devem então propor os valores possíveis da densidade de cada material e justificar o porquê desse valor.</p> <p>5° Agora finalmente devem calcular as densidades.</p>
Atividade 2.2: Proponha (invente) um modelo Explicativo para a Flutuabilidade
<p>Como conclusão da aula de hoje você deve apresentar o seu modelo explicativo sobre a flutuabilidade. Ou seria: “Você deve apresentar um modelo que permita a um colega que faltou entender os princípios de densidade e flutuabilidade”</p> <p>A ideia é desenvolver uma regra (modelo) que se aplicaria a todos os objetos.</p>
<p>ALMUNTASHERI, S.; GILLIES, R. M.; WRIGHT, T. The Effectiveness of a Guided Inquiry -Based, Teachers' Professional Development Programme on Saudi Students' Understanding of Density. Science Education International, v. 27, n. 1, p. 13, 2016. ISSN 1450-104X. Disponível em: < http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1100181.pdf >.</p>
<p>MOLINA, Á. El método de investigación de Arquímedes de Siracusa: Intuición, mecánica y exhaustión. Revista de Filosofía, v. 26, p. 23-40, 2008. ISSN 0798-1171. Disponível em: < http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-11712008000100002&nrm=iso >.</p>
<p>MOURA, R.; CANALLE, J. B. G. Os mitos dos cientistas e suas controvérsias. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, p. 238-251, 2001. ISSN 1806-1117. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172001000200016&nrm=iso >.</p>
<p>RIBEIRO, R. M. L.; MARTINS, I. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de Física. Ciência & Educação (Bauru), v. 13, p. 293-309, 2007. ISSN 1516-7313. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000300002&nrm=iso >.</p>

APÊNDICE D: Materiais da aula/atividade 3 - Aula/atividade 3 - *Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio* da versão aplicada na FASESP

O Mundo Microscópico

Atividade 3.1: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Utilizando-se do texto e a partir da narrativa do professor marque na linha do tempo recebida à parte (ela será utilizada também em todas as aulas subsequentes) os eventos que julgar importantes para a **microbiologia**.

Atividade 3.2: Investigando a qualidade dos tecidos

Esta atividade tem a intenção de apresentá-los a algumas práticas das ciências naturais. Primeiramente você vai poder conhecer e manusear um instrumento muito comum nos laboratórios de todo o mundo: o microscópio óptico. Ele serve para fazermos observações detalhadas de materiais e organismos muito pequenos. Isso porque o microscópio é constituído por um conjunto de lentes que possibilitam aumentar a imagem do que está sendo observado muitas vezes. Outros pontos são que você vai empreender uma investigação e confeccionar um relatório da mesma. Seu objetivo é classificar os diferentes tecidos de acordo com sua qualidade, ou seja, com a quantidade de fios.

Comanda: Vocês devem elaborar um relatório contendo os seguintes itens:

Itens básicos de um relatório:

Folha de Rosto (Capa): título do trabalho, autor(es), afiliação institucional e ano da conclusão do trabalho.

Título: Deve indicar claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho. Pode ser escrito como uma pergunta.

Introdução: O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema a ser investigado.

Objetivo: Deve apresentar o(s) objetivo(s) do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação.

Hipótese(s): São feitas suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta

Materiais e métodos (ou Metodologia): Descrever os métodos, materiais e equipamentos de modo que permita a outro investigador repetir a mesma pesquisa.

Resultados: Descrição dos resultados encontrados na forma que o grupo achar mais representativo daquilo que foi observado (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.).

Discussão: Os dados obtidos devem ser analisados, interpretados, sempre fazendo referência aos dados obtidos e apresentados nos resultados. Este é o capítulo mais livre. Pode ser apresentada junto com a Conclusão, num único capítulo.

Conclusão: A conclusão do relatório científico consiste na resposta à pergunta inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação).

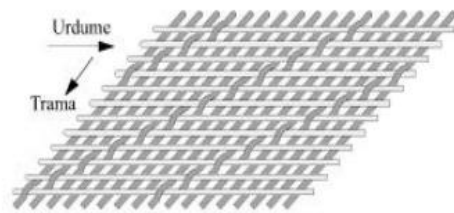
Um pouco sobre tecidos:

Um tecido é formado pelo entrelaçamento de dois fios que se cruzam perpendicularmente, o **urdume** (ou teia) é o fio longitudinal, no sentido do comprimento e a **trama** é o fio transversal, no sentido da largura.

A qualidade e o preço de um tecido estão relacionados ao material do qual é feito e no caso dos tecidos feitos com 100% de algodão à quantidade de fios que o formam. Um lençol feito com algodão com 100 fios por polegada quadrada (2,54 cm x 2,54 cm) pode custar 6x menos que um com 600 fios. Lençóis feitos com 180 fios ou mais recebem o nome de percal.

Contexto Histórico:

Alguns historiadores da ciência afirmam que o primeiro contato de **Anton Van Leeuwenhoek** com microscópios provavelmente se deu em seu trabalho como aprendiz de um comerciante de tecidos. Imagine agora que vocês se tornaram ajudantes de Leeuwenhoek em sua loja de tecidos e devem avaliar a qualidade dos tecidos fornecidos.



Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio

O pai da microbiologia^{1,2 e 3}



Figura 1: Anton van Leeuwenhoek

Anton van Leeuwenhoek (fig.1) (1632-1723) foi admitido, aos 16 anos, como aprendiz por um comerciante de tecidos em Amsterdã. Foi lá que viu seu primeiro microscópio, uma simples lupa que era usada por comerciantes de tecidos da época. Em 1654 começou seu próspero negócio com tecidos, prosperidade que permitiu a ele se dedicar a observações ao microscópio.



Figura 2: Reprodução de um microscópio de Leewenhoek

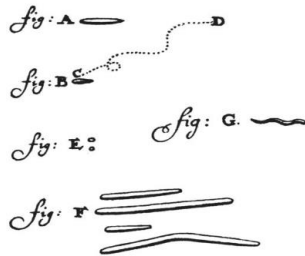


Figura 5: Desenhos de bactérias da boca de Leeuwenhoek. Posteriormente observando água parada descreveu os primeiros microorganismos, que chamou de *animalculus*, e eram provavelmente bactérias ou protozoários (1676).

Usando microscópios feitos por ele mesmo, Leeuwenhoek foi o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares, que ele originalmente chamou de *animalculus* (fig.5) (hoje conhecidos como microorganismos). Foi também o primeiro a registrar e observar as fibras musculares, bactérias, espermatozoides (fig.6) e o fluxo sanguíneo nos capilares.

Aparentemente inspirado pelo livro ilustrado de Robert Hooke *Micrographia*, que continha suas observações e uma descrição sobre como construir microscópios, Leeuwenhoek começou a desenvolver seus próprios microscópios. Comparado a um aparelho moderno o design de van Leeuwenhoek é extremamente simples (fig.2), pois utilizava uma única lente, mas que ainda assim conseguia aumentos de mais de 200 vezes.

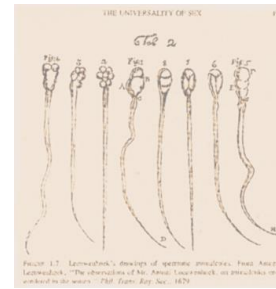


Figura 6: Desenhos de espermatozoides publicados em 1678 por Leeuwenhoek na revista *Philosophical*

(<https://www.youtube.com/watch?v=oFXxgrVHasU>).

* **Royal Society** era a mais importante academia de ciência da época, teve entre seus membros ilustres Robert Hooke, Isaac Newton, Charles Darwin, Albert Einstein, Stephen Hawking e muitos outros.

Sem ter formação acadêmica, sem o domínio de línguas estrangeiras, sem uma rede de contatos com outros cientistas, sem fortuna e vindo de uma família de comerciantes, Leeuwenhoek poderia ter sido excluído da comunidade científica, mas conseguiu reconhecimento em vida (reis visitaram sua oficina, incluindo Pedro, o Grande, da Rússia e Frederico I da Prússia) e imortalidade como pai da microbiologia. A *Royal Society** tinha grande interesse em seus trabalhos, tendo publicado mais de 300 comunicações em sua revista *Philosophical Transactions*.

1- LEDERMANN, Walter. ¿Quién las vio primero?. **Rev. chil. infectol.**, Santiago, v. 29, n. 3, p. 348-352, jun. 2012.
 2- History of the Microscope, Disponível em: <<http://www.history-of-the-microscope.org/invention-of-glass-lenses-and-the-history-of-the-light-microscope.php>>. Acesso em: 23 out. 2016.
 3- KARAMANOU, M.; POULAKOU -REBELAKOU, E.; TZETIS, M. y ANDROUTSOS, G. . Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. **Rev. argent. microbiol**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 42, n. 4, p. 311-314, dic. 2010.

APÊNDICE E: Materiais da aula/atividade 4 - Aula/atividade 4 - *Robert Hooke e a Cortiça* da versão aplicada na FASESP

O Mundo Microscópico

Na aula de hoje voltaremos a seguir os passos de *Robert Hooke*, em mais uma de suas investigações. Investigação sobre algumas propriedades da cortiça e que foi apresentada a *Royal Society* e posteriormente virou um capítulo do livro *Micrographia*.

Atividade 4.1: Relatório de investigação

Comanda: Escrever um relatório de investigação respondendo as mesmas questões de investigação de *Robert Hooke* sobre a cortiça. Para auxiliar nesta empreitada vocês devem comparar a cortiça com outro vegetal fornecido pelo professor.

- Peça ao professor a cortiça e o vegetal para comparação

Faça de conta que você é o assistente do *Robert Hooke* em 1665 quando este publicou seu livro *Micrographia* e usou pela primeira vez o termo célula para se referir à estrutura microscópica formadora da cortiça.

Veja fragmentos do relatório que Hooke* fez e publicou, no livro *Micrographia* (1665), sobre a investigação da cortiça.

Dos Objetivos:

(1°) Primeiro, por que esse corpo é tão leve? (2°) Segundo, nada pareceu mais difícil do que dar uma razão inteligível do porquê da cortiça ser um corpo tão inapto a absorver água e embeber-se nela e, conseqüentemente, preservar-se, flutuando na superfície d'água, mesmo que por muito tempo; (...) (Porque a cortiça flutua na água?)

E (3°) terceiro, se perguntarmos: por que a cortiça quando comprimida tem tal elasticidade e capacidade de dilatar? E como ela pode sofrer tão grandes compressões, ou visível redução de dimensões, [...] e [...] voltar a se estender pelo mesmo espaço? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Dos Materiais e Métodos:

Eu peguei um bom pedaço de cortiça e com um canivete tão afiado quanto uma navalha cortei um [novo] pedaço, deixando a superfície bem lisa. Examinando-o diligentemente com um microscópio (...)

Dos Resultados:

(...) percebi que possuía uma aparência um pouco porosa. (...) muito parecido com um favo-de-mel. (...) esses poros, ou células, não eram muito profundos. (...) Nosso Microscópio nos informa que a substância da Cortiça é feita com Caixas ou células perfeitamente fechadas, distintas uma da outra. (...). Eu nunca vi, e talvez jamais tenha sido observado, já que nunca encontrei nenhum escritor ou pessoa que tinha feito alguma menção deles antes disso. (...)

* A separação em itens/tópicos foi feita pelo professor e a tradução é de Araujo et.al. (2014).



Algumas informações sobre a cortiça:

A cortiça é um material muito utilizado por exemplo para a confecção de rolhas (fig.1) e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, cujo nome científico é *Quercus suber* (fig.2). Esta é uma espécie típica de regiões do Sul da Europa, como Portugal e Espanha, e do Norte da África.

No Brasil há espécies de árvores que também possuem uma casca externa formada de cortiça, como o mulungu (*Erithrina mulungu*), no Nordeste, e a Kielmeyera (*Kielmeyera coriacea*), de grande ocorrência nos cerrados. Essas árvores possuem folhas verdes o ano todo e sua característica mais importante é a casca exterior, formada pela cortiça. Elas são encontradas em algumas cidades; em São Paulo, há *Quercus suber* no Parque da Luz e *Kielmeyera* no campus da Universidade de São Paulo.





Figura 2: Caule avermelhado de *Quercus suber*, com parte da cortiça extraída.

Figura 1: Confecção de Rolhas.

Para preparar o relatório: Faça de conta que você(s) é(são) o(s) assistente(s) do *Robert Hooke* em 1665 quando este publicou seu livro *Micrographia* e usou pela primeira vez o termo célula para se referir à estrutura microscópica formadora de um material (no caso a cortiça). Lembre-se(m) que nesta comunicação **você(s) deve(m) responder às três perguntas de investigação** do *Hooke*, anteriormente apresentadas no fragmento histórico: (1°) Por que a cortiça é leve? (2°) Porque a cortiça flutua na água? (3°) Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Caro(s) assistente(s):

Não pude escrever antes porque minha saúde estava péssima. Além disso, tenho trabalhado muito para conseguir preparar as demonstrações para os encontros semanais da Royal Society of London.

Mas vamos ao trabalho: Você se lembra da investigação que fizemos da casca do sobreiro (cortiça) certo? Pois bem, preciso fazer a comunicação desta investigação na Royal Society. Assim, nosso trabalho será divulgado para muitos pesquisadores de toda a Europa. Como você, meu jovem aprendiz, me acompanhou em todos os passos e está totalmente informado sobre o estudo, eu gostaria que você preparasse o relatório e a comunicação da investigação.

Não a faço eu mesmo porque estou atarefado com outras observações ao microscópio (insetos, pedaços de tecidos, gelo, ponta de agulha) e ao telescópio (superfície da lua). Aliás, como você sabe, venho tendo discussões calorosas com Sir Isaac Newton e preciso muito continuar esse debate.

Seu humilde servo,
Robert Hooke.



Algumas informações sobre a cortiça:

A cortiça é um material muito utilizado por exemplo para a confecção de rolhas (fig.1) e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, cujo nome científico é *Quercus suber* (fig.2). Esta é uma espécie típica de regiões do Sul da Europa, como Portugal e Espanha, e do Norte da África.

No Brasil há espécies de árvores que também possuem uma casca externa formada de cortiça, como o mulungu (*Erithrina mulungu*), no Nordeste, e a Kilmeyera (*Kilmeyera coriacea*), de grande ocorrência nos cerrados. Essas árvores possuem folhas verdes o ano todo e sua característica mais importante é a casca exterior, formada pela cortiça. Elas são encontradas em algumas cidades; em São Paulo, há *Quercus suber* no Parque da Luz e *Kilmeyera* no campus da Universidade de São Paulo.

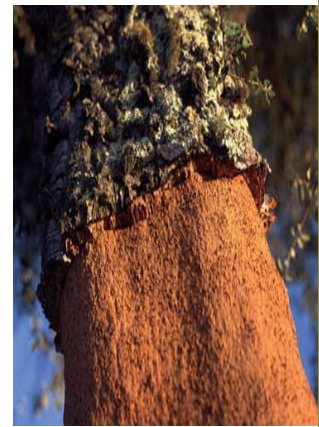


Figura 2: Caule avermelhado de *Quercus suber*, com parte da cortiça extraída.



Figura 1: Confeção de Rolhas.

Para preparar o relatório: Faça de conta que você(s) é(são) o(s) assistente(s) do *Robert Hooke* em 1665 quando este publicou seu livro *Micrographia* e usou pela primeira vez o termo célula para se referir à estrutura microscópica formadora de um material (no caso a cortiça). Lembre-se(m) que nesta comunicação **você(s) deve(m) responder às três perguntas de investigação** do *Hooke*, anteriormente apresentadas no fragmento histórico: (1°) Por que a cortiça é leve? (2°) Porque a cortiça flutua na água? (3°) Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Caro(s) assistente(s):

Não pude escrever antes porque minha saúde estava péssima. Além disso, tenho trabalhado muito para conseguir preparar as demonstrações para os encontros semanais da Royal Society of London.

Mas vamos ao trabalho: Você se lembra da investigação que fizemos da casca do sobreiro (cortiça) certo? Pois bem, preciso fazer a comunicação desta investigação na Royal Society. Assim, nosso trabalho será divulgado para muitos pesquisadores de toda a Europa. Como você, meu jovem aprendiz, me acompanhou em todos os passos e está totalmente informado sobre o estudo, eu gostaria que você preparasse o relatório e a comunicação da investigação.

Não a faço eu mesmo porque estou atarefado com outras observações ao microscópio (insetos, pedaços de tecidos, gelo, ponta de agulha) e ao telescópio (superfície da lua). Aliás, como você sabe, venho tendo discussões calorosas com Sir Isaac Newton e preciso muito continuar esse debate.

Seu humilde servo,

Robert Hooke.

Atividade 4.2: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Marcar na folha da linha do tempo os eventos que julgar importantes para a microbiologia.

Texto de Apoio à atividade 4.1

Em 1838, o botânico alemão Mathias Schleiden (1804-1881) (fig.1) concluiu que todas as plantas eram constituídas por células. Um ano depois, o zoólogo Theodor Schwann (1810-1882) (fig.2), também alemão, chegou à conclusão de que todos os animais também são constituídos por células. Essa generalização proposta por Schleiden



Figura 1: Mathias Schleiden



Figura 3: Franz Bauer



Figura 4: Robert Brown



Figura 2: Theodor Schwann

O **Núcleo** (7,5 a 10 µm de diâmetro) celular foi a primeira organela descoberta, tendo sido primeiramente descrito por Franz Bauer (1758-1840) (fig.3) em 1802 e depois descrito mais detalhadamente pelo botânico Robert Brown em 1831 (1773-1858) (fig.4). Foi este último que constatou que a grande maioria das células tinha esta estrutura interna ovóide ou esférica. A presença dessa organela é a principal característica das células eucariontes. Os

Cloroplastos são facilmente visíveis em células vegetais (2-4 µm de largura por 5-10 de comprimento), tendo sido descritos por Hugo von Mohl (fig.5) em 1837.

As procariontes (bactérias) não têm núcleo, tendo entre 1 -5 µm de diâmetro. As células eucarióticas que apresentam núcleo têm 10 a 100 µm).



Figura 5: Hugo von Mohl



Figura 6: Albert Claude

A maioria das estruturas celulares – incluindo organelas - é pequena demais para ser identificada pelo microscópio óptico, de resolução máxima de 0,2 µm (micrômetros) ou 200 nm (nanômetros). Por isso o conhecimento das organelas celulares avançou

rapidamente apenas após a invenção do microscópio eletrônico de resolução de 0,002 nm.

O olho humano tem um limite de resolução de 0,2 mm (milímetros) ou 200 µm (micrômetros).

O **Retículo Endoplasmático (RE)** (membranas de 0,5 µm de espessura que se expandem a partir da membrana carioteca possivelmente pelo diâmetro do núcleo) foi descoberto em 1945 pelo citologista belga Albert Claude (fig.6) (1899-1983), num dos primeiros usos do microscópio eletrônico. As **Mitocôndrias** (1,5 µm de diâmetro por 2-8 µm de comprimento) foram descritas pela primeira vez por **Richard Altmann** (fig.7) em 1894, mas somente com a invenção do microscópio eletrônico foi possível conhecer mais sobre a estrutura dessa organela.



Figura 7: Richard Altmann



Figura 8: Camilo Golgi

Por volta de 1876 Camilo Golgi (fig.8) (1843-1926) sugere a existência do **Complexo de Golgi** (membranas de 1 µm de espessura e tamanho semelhante ao RE e que libera vesículas de 40-80 nm de diâmetro), sugestão confirmada apenas com o microscópio eletrônico.



Figura 9: Christian de Duve

Paul Wintrebert (1867-1966) cunhou o termo **Citoesqueleto** (7 nm de diâmetro por alguns micrômetros de comprimento) em 1931 e Christian de Duve descreveu os **Lisossomos** (1955) e os **Peroxisomos** (1960) (ambos com 1 µm de diâmetro). A existência da **Membrana Plasmática** (7,5-10 nm) foi sugerida muito antes de poder-se observar sua estrutura (proposta por Singer e Nicholson, 1972). A Parede Celular Celulósica dos vegetais pode apresentar de 0,1 a 10 µm de espessura e foi descrita por Robert Hooke em 1665.



Figura 10: Singer e Nicholson

APÊNDICE F: Materiais da aula/atividade 1 - *Robert Hooke e o Salto da Pulga* da versão aplicadas no Colégio Brasília

O Mundo Microscópico

Atividade 1.1: Investigação Científica

Na aula de hoje vamos seguir os passos de um grande pesquisador do século XVII chamado *Robert Hooke*. *Hooke* foi autor de um livro importantíssimo para o desvendamento do mundo microscópico. O Livro *Micrographia* traz mais de 60 investigações feitas por *Hooke*.

Hooke não fazia observações ao acaso, ele era um pesquisador experiente, sabia fazer perguntas e tentava respondê-las através da observação da estrutura microscópica.

Comanda:

Um dos princípios mais básicos da ciência — talvez o mais básico de todos — é que um estudo científico só é considerado válido se os seus resultados puderem ser reproduzidos por outros laboratórios. Isso é chamado de replicabilidade. Então o que vamos fazer é replicar o experimento histórico de *Robert Hooke*. Então assim como ele vocês vão investigar: “*Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?*”.

Outro princípio básico da ciência é que as investigações científicas precisam ser comunicadas, no sentido de que precisam ser divulgadas. Daí que vocês terão que **elaborar um relatório de investigação** contando como foi a investigação e quais os resultados e conclusões a que chegaram.

Para auxiliar vocês, nesta primeira atividade os **itens que compõem um relatório** são apresentados e fornecidos para vocês professor:

Itens básicos de um relatório:

Capa: a capa deve trazer o título do trabalho, o nome dos autores (vocês), a afiliação institucional (nome da escola) e o ano de conclusão do trabalho. O **título** deve dizer claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho e pode ser escrito como uma pergunta.

1. Introdução: O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema investigado. Neste caso sobre as pulgas principalmente e por causa da comparação das formigas (no final da página, há informações sobre as Pulgas e as formigas).

2. Objetivo: Deve apresentar o(s) objetivo(s) do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação. Neste caso o objetivo da investigação, redigido como uma pergunta é:

- “*Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?*” (Hooke usou sua experiência em observar outros animais ao microscópio para chegar às suas conclusões. Então para ajudar vocês serão fornecidas **formiga lava -pés** para vocês compararem)

3. Hipótese(s): São suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta.

- aqui vocês têm que, antes de olhar a pulga, tentar responder a pergunta de investigação com justificativa do porquê acham o que acham

4. Materiais (cabem a vocês) e Métodos: Os métodos devem contar com que materiais a investigação foi feita e como foi feita. Vocês devem escrever como se fosse para um amigo que não esteve na aula e precisa fazer a investigação sozinho. Nesta investigação vocês terão que:

- desenhar caprichado a pulga* e a formiga* no menor aumento do microscópio e no segundo menor aumento do microscópio (mas neste item do relatório você não coloca o desenho, você conta como fez para fazer o desenho)
- descrever a pulga tentando responder a questão de investigação (idem para descrição)

* pegar com o professor exemplares destes animais

Informações sobre as pulgas:

As pulgas são insetos sem asas (Reino: Animalia, Filo: Arthropoda, Subfilo: Hexapoda, Classe: Insecta, Ordem: Siphonaptera). São parasitas externos que se alimentam do sangue de mamíferos e aves, saltando de um hospedeiro para outro sempre que sentirem necessidade. Estes animais podem transmitir doenças graves como o tifo e a peste bubônica. Elas afetam normalmente animais de estimação, como o gato, o cachorro, entre outros. Elas dependem do hospedeiro para se alimentarem e se protegerem, permanecendo toda a sua vida nestes e em outros animais. Além de provocarem incômodo pelas picadas, transmitem vermes, parasitas hematófagos e podem induzir a processos alérgicos, diminuindo a qualidade de vida dos animais.

As pulgas apresentam ciclo de metamorfose completo. Ou seja, a fêmea coloca ovos (cerca de 300 a 400 de uma única vez), dos quais eclodem as larvas; estas se transformam em pupa, para então surgir em sua forma adulta (ovo, larva, pupa, adulto). Cabe ressaltar que, dependendo das condições externas, a pulga não emerge imediatamente do seu casulo (ou pupa) - ela pode demorar dias, meses e até um ano para sair do casulo, aguardando condições ideais para sua sobrevivência (um parasita). Isso explica a existência de pulgas em lugares que tenham permanecido desabitados por muito tempo. Uma pulga é capaz de pular a um metro de distância (200 vezes o próprio tamanho), o equivalente, em proporção de tamanho, a um humano saltar o comprimento de um campo de futebol. Ela faz isso para se defender ou para mudar de hospedeiro. O tamanho de uma pulga dependendo da espécie pode chegar a 5 mm de comprimento. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Siphonaptera>

Informações sobre as formigas-lava-pés:

O termo **formiga-lava-pés**, ou simplesmente **lava-pés**, é a designação comum a diversas espécies de **formigas**, em especial as do gênero *Solenopsis*,

As operárias de *Solenopsis saevissima* podem ter formas diferentes, dependendo de sua função para o formigueiro, geralmente avermelhadas e de pequeno porte, as maiores alcançam de 3,5 a 5 mm de comprimento. São formigas agressivas, numerosas e não muito exigentes com o alimento. Elas são onívoras podendo se alimentar de quase todo tipo de plantas, animais ou alimentos domésticos. Essas formigas constroem grandes formigueiros normalmente em locais abertos, que se caracterizam pelo amontoado de partículas finas de terra na entrada.

Os indivíduos responsáveis pela reprodução são fêmeas e machos alados que tem órgãos sexuais bem desenvolvidos. As fêmeas estéreis e sem asas são operárias, responsáveis por todas as outras funções.

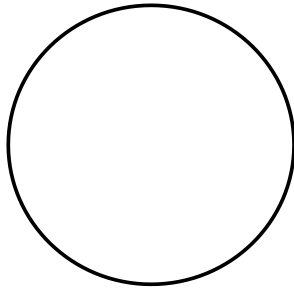
As Formigas andam em filas para buscar alimentos e deixam um rastro como se fosse o cheiro da colônia a que pertencem (determinado pela excreção do feromônio). A passagem constante de Formigas por esse caminho, reforça a quantidade de feromônio que ali é deixado, formando uma trilha.

Quando a fila das Formigas é interrompida, como por exemplo, quando passamos o dedo, retiramos o Feromônio ali deixado por elas, confundindo e desorientando-as mas, não demora muito e elas logo reorganizam-se (por isso espalham-se buscando o cheiro da trilha) e encontrando o caminho marcado anteriormente por elas.

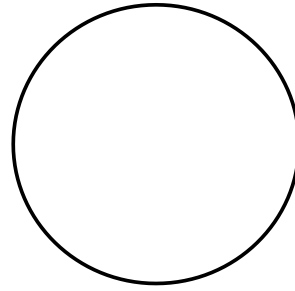
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Formiga-lava-p%C3%A9s>
<http://docebiologia.blogspot.com.br/2013/08/por-que-as-formigas-andam-em-fila.html>

5. Resultados

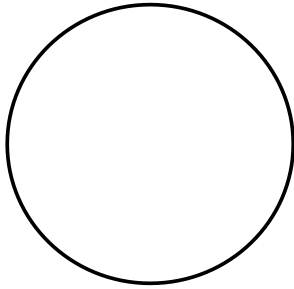
5.1 Desenhos dos insetos vistos ao microscópio



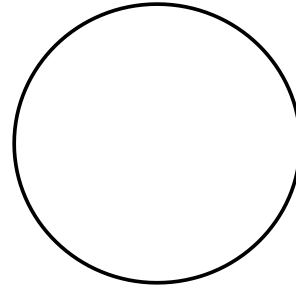
Pulga em aumento de: _____



Pulga em aumento de: _____



Formiga em aumento de: _____



Pulga em aumento de: _____

5.2 Descrição dos insetos vistos ao microscópio

Pulga:

Formiga:

Algum outro resultado de achar importante para responder à questão de investigação:

O Mundo Microscópico

Atividade 1.2: Comparando com Hooke

Comanda: Compare o desenho e a descrição feitos por Hooke com o desenho e descrição que você fez anteriormente.

- vocês precisam então discorrer sobre as **diferenças e semelhanças no desenho** que vocês fizeram da **pulga** e o desenho feito por *Robert Hooke*
- também o que acham **parecido e diferente na descrição da pulga** que vocês fizeram e que o *Robert Hooke* fez
- por fim **semelhanças e diferenças da explicação** para a habilidade de **saltar** tão bem da **pulga** feita pelo *Robert Hooke* e por vocês

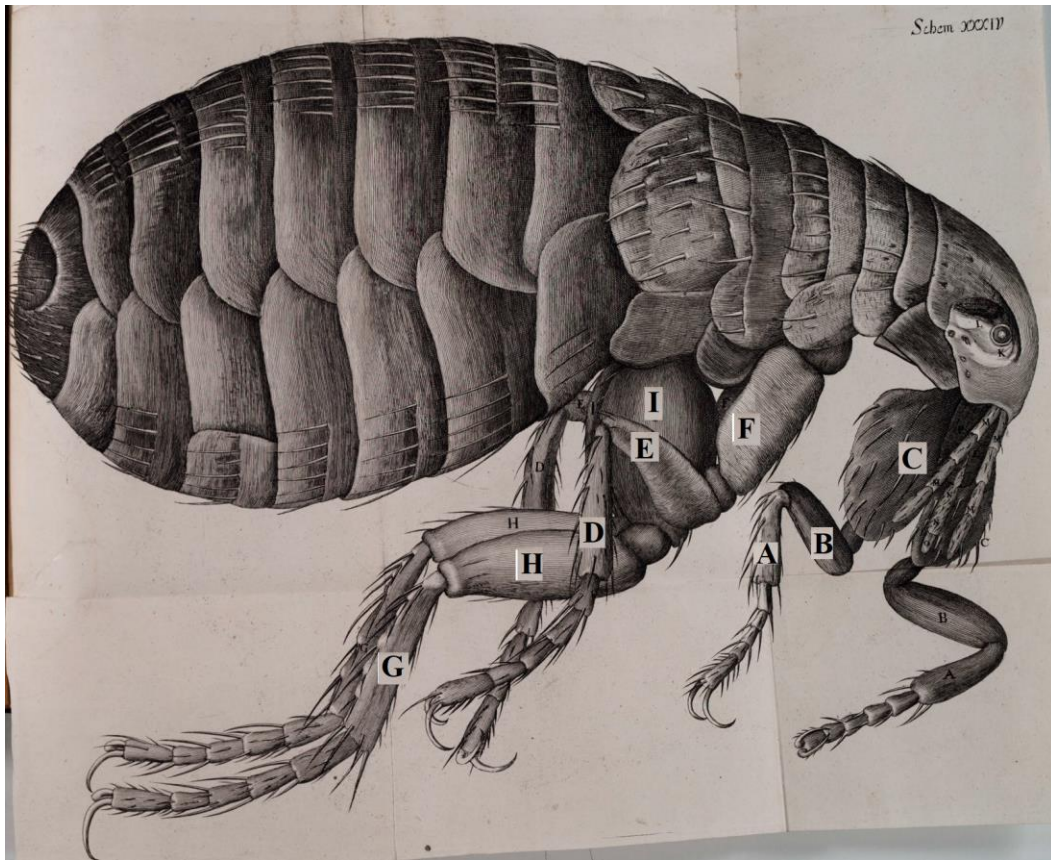
Descrição da pulga escrita por Hooke

(...) Mas, em relação à sua beleza, o microscópio mostra que ela é toda adornada com uma veste curiosamente polida de couraça negra perfeitamente articulada, cercada por multidões de pinos afiados, quase com a mesma forma dos espinhos de um porco-espinho, punhais cônicos de aço; a cabeça é adornada de cada lado por um olho negro redondo e vívido; na parte da frente da cabeça, entre as duas patas anteriores, ela tem duas longas pequenas presas, ou melhor cheiradores, que têm quatro juntas, e são peludas, como as de várias outras criaturas; entre elas, tem uma pequena tromba, ou bastão, que parece consistir em um tubo e uma língua ou sugador, que percebi ser destizado para dentro e para fora. Dos seus lados, tem também duas lâminas ou mordedores que são um pouco semelhantes aos de uma formiga (...).

Explicação de Hooke para a habilidade de saltar da Pulga

[...] Mas, Com relação à sua força, o Microscópio não é capaz de fazer descobertas maiores do que o olho nu, a não ser pelo curioso arranjo de suas pernas e juntas, para exercer essa força, que se manifesta muito claramente, tal que nenhuma outra criatura que observei até agora possui nada semelhante; pois suas juntas são adaptadas de tal modo que ela pode, por assim dizer, dobrá-las uma dentro da outra, e subitamente esticá-las até seu comprimento completo, ou seja, das pernas frontais, as partes A do esquema 34, ficam dentro de B, e B dentro de C, paralelas ou lado a lado. Mas as partes das duas [patas] seguintes ficam ao contrário, ou seja, E dentro de D, e F dentro de E, mas também paralelas; mas as partes das pernas posteriores, G, H e I, se dobram uma dentro da outra, como as partes de uma régua articulada dupla, ou como o pé, perna e coxa de um homem. Ela [a pulga] contrai essas seis pernas em conjunto, e quando pula, as estica e assim exerce sua força total de uma só vez.

Desenho (Ilustração científica) da pulga feito por Hooke



O Mundo Microscópico

Atividade 1.3: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Leia o texto e marque na linha do tempo, recebida à parte, os eventos que julgar importantes para a microbiologia. (esta linha será preenchida ao longo de todas as aulas da Sequencia)

Introdução – A invenção do Microscópio



Figura 1:
Zacharias Jansen

A imensa maioria dos historiadores da ciência atribui a invenção do microscópio aos holandeses fabricantes de óculos Hans e Zacharias Jansen (pai e filho). Zacharias Jansen (fig.1) (1558-1628) construiu seu microscópio em 1608 e seria também o inventor do telescópio.

Durante os anos 1590, os Jansen começaram a experimentar. Eles colocaram em um tubo várias lentes e fizeram uma descoberta muito importante – a imagem perto da extremidade do tubo era muito ampliada, ficando maior do que qualquer lupa única poderia mostrar por si só.



Figura 2: Réplica de um microscópio de Zacharias Jansen

Robert Hooke e o Micrographia

Robert Hooke (fig.2) nasceu em 18 de Julho de 1635 na Inglaterra. Quando criança Hooke era fraco e doentio, quando adulto era descrito como muito magro e corcunda.

Os membros da *Royal Society* valorizavam muito a observação e a experimentação, mas não tinham a facilidade e o interesse em preparar pessoalmente seus experimentos e mostrá-los aos demais participantes. Para isso contrataram Hooke que deveria não apenas produzir três ou quatro novos experimentos semanais por sua livre iniciativa, como ainda preparar outros solicitados pelos membros da *Royal Society*.

Ao contrário da maioria dos membros da *Royal Society*, Hooke não era um aristocrata e só conquistou posses depois do grande incêndio de Londres em 1666, quando trabalhou na reconstrução da cidade.

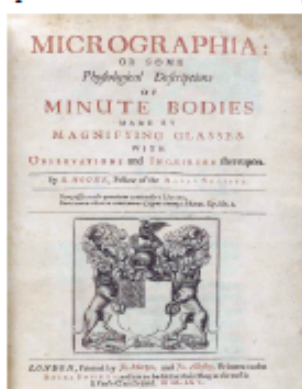


Figura 2: Capa do livro *Micrographia*, Robert Hooke

O livro *Micrographia* (fig.2), publicado em 1665 foi uma das primeiras obras onde o microscópio foi aplicado ao estudo dos seres vivos. Alguns desenhos minuciosos desse livro se tornaram famosos, como o da cortiça e o de um piolho (fig.3). Não há dúvidas de que a microscopia introduziu um novo modo de ver o mundo.

O trabalho de Hooke não foi simplesmente um conjunto de observações ao acaso. Ele era um pesquisador experiente, tendo trabalhado com Robert Boyle e outros importantes cientistas durante muitos anos. Sabia fazer perguntas e tentava respondê-las através da observação da estrutura microscópica com seu microscópio composto (fig.5).

Uma das figuras mais famosas do *Micrographia* é a de uma pulga, representada na prancha 34 e descrita na observação 53 do livro (Hooke, 1665, pp. 210-211). O desenho da pulga é extremamente detalhado e bem feito, sob o ponto de vista artístico, dando a impressão de estarmos vendo um objeto tridimensional.



Figura 3: Robert Hooke



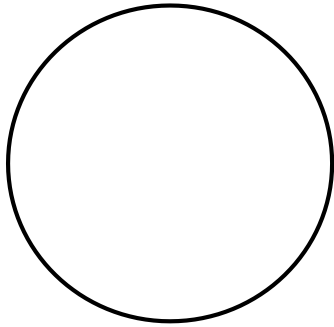
Figura 4: Piolho desenhado por Robert



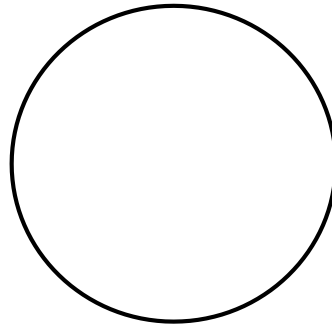
Figura 5: Microscópio composto representado por Hooke em *Micrographia*.

5. Resultados

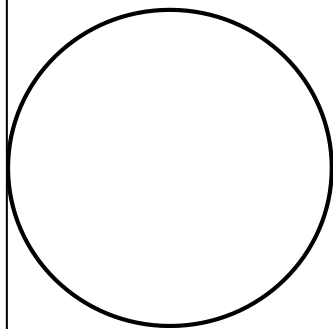
5.1 Desenhos dos insetos vistos ao microscópio



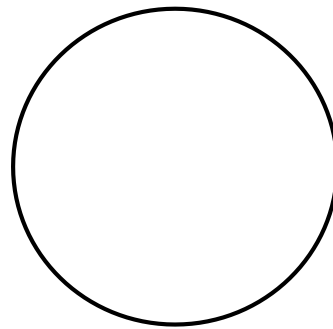
Pulga em aumento de: _____



Pulga em aumento de: _____



Formiga em aumento de: _____



Pulga em aumento de: _____

5.2 Descrição dos insetos vistos ao microscópio

Pulga: _____

Formiga: _____

Algum outro resultado de achar importante para responder à questão de investigação:

Linha do tempo da *Microbiologia*

Nome: _____
Nome: _____

Nome: _____
Nome: _____

1500

1600

1700

1800

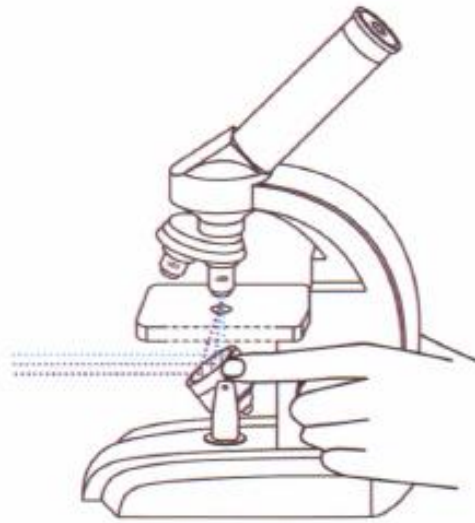
1900

2000



3. É possível utilizar a luz do dia para iluminar suas preparações citológicas, porém isso demanda um pouco de paciência.

- O microscópio deve ser colocado próximo a uma janela ou a uma fonte de luz como uma luminária, por exemplo.
- o espelho deve ser posicionado com um ângulo próximo a 45°, para coletar os raios luminosos e direcioná-los para o orifício que existe na "platina" ou "mesa". Procurar a melhor posição do espelho, isto é, aquela que produzir a iluminação mais favorável para análise.



4. Se o microscópio não for ser utilizado por um período longo de tempo, vários dias, as pilhas devem ser retiradas de sua base.

PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA A CORRETA OBSERVAÇÃO DE UMA PREPARAÇÃO

1. Ligar a fonte luminosa ou posicionar o espelho de modo a obter iluminação suficiente
2. Colocar a lâmina com a preparação sobre a platina.
3. Olhando pelo lado externo, girar com cuidado o parafuso de focalização de forma a aproximar a objetiva de 7x o mais perto possível da preparação. *(Atenção: Não forçar o parafuso de focalização)*
4. Olhando pela ocular, girar vagarosamente o parafuso de focalização no sentido inverso até obter uma imagem nítida do material que foi preparado.
5. A seguir, girar o tambor posicionando a objetiva de 15x sobre a preparação e focalizar o material girando MUITO lentamente o parafuso de focalização, pois o material deverá estar quase em foco. *(Atenção para não aproximar demais a objetiva da lâmina)*
6. Para uma ampliação maior (objetiva de 40x), girar o canhão e posicionar a objetiva de 40x sobre a preparação. Girar o parafuso de focalização (MUITO DEVAGAR) até que o material esteja em foco. *(Atenção para não forçar a objetiva sobre a lâmina, pois ela pode quebrar)*

APÊNDICE G: Materiais da aula/atividade 3 - Aula/atividade 3 - *Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio* da versão aplicadas no Colégio Brasília

O Mundo Microscópico

Atividade 3.1: Investigando a qualidade dos tecidos

Contexto Histórico:

Nesta aula você vai seguir os passos de outro grande pesquisador do século XVII chamado *Anton van Leeuwenhoek* que foi autor de mais de 300 comunicações científicas na mais importante academia de ciência da época, a *Royal Society*. Seus trabalhos consistiam em ilustrações e descrições feitas ao microscópio, os quais, diferentemente de *Robert Hooke*, não eram comumente acompanhados de uma questão de investigação.

Alguns historiadores da ciência afirmam que o primeiro contato de Anton Van Leeuwenhoek com microscópios provavelmente se deu em seu trabalho como aprendiz de um comerciante de tecidos. Imagine agora que vocês se tornaram ajudantes de Leeuwenhoek em sua loja de tecidos e devem avaliar a qualidade dos tecidos fornecidos.

Esta atividade tem a intenção de apresentá-los a algumas práticas das ciências naturais. Primeiramente você vai poder novamente manusear um instrumento muito comum nos laboratórios de todo o mundo: o microscópio óptico. Ele serve para fazermos observações detalhadas de materiais e organismos muito pequenos. Isso porque o microscópio é constituído por um conjunto de lentes que possibilitam aumentar a imagem do que está sendo observado muitas vezes. Outros pontos são que você vai **empreender uma investigação e confeccionar um relatório** da mesma.

Comanda:

- Vocês devem investigar a qualidade de diferentes tecidos, ordenando-os de modo crescente de qualidade (do pior → melhor)
- Elaborar um relatório contendo os seguintes itens:

Capa: a capa deve trazer o título do trabalho, o nome dos autores (vocês), a afiliação institucional (nome da escola) e o ano de conclusão do trabalho. **O título** deve dizer claramente e de forma curta qual é o assunto e a intenção do trabalho e pode ser escrito como uma pergunta.

1. Introdução: O propósito da introdução é fornecer informações sobre o tema investigado. Neste caso sobre o que determina e do que são feitos os tecidos (no final da página, há informações sobre tecidos e o que é usado para determinar sua qualidade).

2. Objetivo: Deve apresentar o(s) objetivo(s) do trabalho. Pode conter ou ser redigido como uma ou mais questões de investigação. Neste caso o objetivo é:

- **“Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando para isso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama”**

3. Hipótese(s): São suposições embasadas sobre o tema que se está investigando. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta.

- aqui vocês têm que apresentar uma hipótese de ordenação dos tecidos* com justificativa. Isso antes de usar qualquer instrumento de aumento ou mesmo de contar a quantidade de fios* pegar com o professor os tecidos

4. Materiais e Métodos: Os métodos devem contar com que materiais a investigação foi feita e como foi feita. Vocês devem escrever como se fosse para um amigo que não esteve na aula e precisa fazer a investigação sozinho. Desta vez vocês é que terão que pensar e desenvolver a metodologia para a investigação

5. Resultados: Descrição dos resultados encontrados do jeito que o grupo achar melhor (desenhos, fotos, tabelas, gráficos, símbolos, etc.)

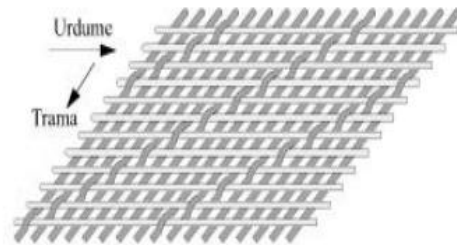
6. Discussão e 7. Conclusão (pode fazer junto ou separado): A discussão analisa e interpreta os resultados, para a partir deles chegar a uma conclusão. A conclusão do relatório científico consiste na resposta ao objetivo inicial, justificada com evidências (dados produzidos durante a investigação).

Um pouco sobre tecidos:

O tecido têxtil é um material à base de fios de fibra natural ou sintética utilizado na fabricação de roupas, cobertura de mesa, panos para limpeza, uso medicinal como faixas e curativos, entre outros. O tecido é fabricado na indústria têxtil. Com exceção dos não-tecidos (em inglês, nonwoven), os tecidos possuem sua estrutura composta principalmente de fios, os quais são compostos de fibras têxteis ou filamentos têxteis. Os tecidos de fibras naturais, considerados básicos e clássicos, podem ter três origens, a origem animal (lã e seda); a origem mineral (amianto); e a origem vegetal (algodão, juta, cânhamo, linho e sisal). Os tecidos sintéticos são fibras produzidas pelo homem usando como matéria-prima produtos químicos, da indústria petroquímica. As mais conhecidas são o poliéster PES, a poliamida PA, o acrílico PAC, o polipropileno PP e o poliuretano elastomérico PUR (Elastano), além das Aramidas (Kevlar e Nomex).

Os tecidos planos são resultantes do entrelaçamento de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulo reto. Os fios dispostos no sentido transversal ao comprimento do tecido são chamados de fios de "trama" e os fios dispostos no sentido longitudinal são chamados de "urdume".

A qualidade e o preço de um tecido estão relacionados ao material do qual é feito e no caso dos tecidos feitos com 100% de algodão à quantidade de fios que o formam. Um lençol feito com algodão com 100 fios por polegada quadrada (2,54 cm x 2,54 cm) pode custar 6x menos que um com 600 fios. Lençóis feitos com 180 fios ou mais recebem o nome de percal.



Atividade 3.2: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Utilizando-se do texto e a partir da narrativa do professor marque na linha do tempo recebida à parte (ela será utilizada também em todas as aulas subsequentes) os eventos que julgar importantes para a **microbiologia**.

Anton Van Leeuwenhoek – O pai da microbiologia^{1,2 e 3}



Figura 3: Anton Van Leeuwenhoek

Usando microscópios feitos por ele mesmo, Anton van Leeuwenhoek (fig.2) (1632-1723) foi o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares, que ele originalmente chamou de *animalculus* (fig.6) (hoje conhecidos como microorganismos). Foi também o primeiro a registrar e observar as fibras musculares, bactérias, espermatozoides e o fluxo sanguíneo nos capilares.

Leeuwenhoek foi admitido, aos 16 anos, como aprendiz por um comerciante de tecidos em Amsterdã. Foi lá que viu seu primeiro microscópio, uma simples lupa que era usada por comerciantes de tecidos da época. Em 1654 começou seu próspero negócio com tecidos.



Figura 4: Reprodução de um microscópio de Leeuwenhoek

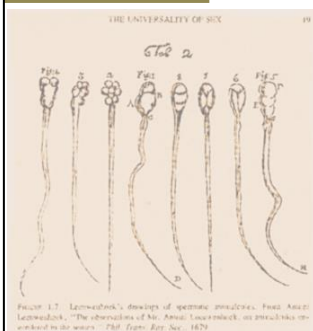


Figura 5: Desenhos de espermatozoides publicados em 1678 por Leeuwenhoek na revista *Philosophical Transactions*.

Aparentemente inspirado pelo livro ilustrado de Robert Hooke *Micrographia*, que continha suas observações e uma descrição sobre como construir microscópios, Leeuwenhoek começou a desenvolver seus próprios microscópios. Comparado a um aparelho moderno o design de van Leeuwenhoek é extremamente simples (fig.4), pois utilizava uma única lente, mas que ainda assim conseguia aumentos de mais de 200 vezes

Sem ter formação acadêmica, sem o domínio de línguas estrangeiras, sem uma rede de contatos com outros cientistas, sem fortuna e vindo de uma família de comerciantes, Leeuwenhoek poderia ter sido excluído da comunidade científica, mas conseguiu reconhecimento em vida (reis visitaram sua oficina, incluindo

Pedro, o Grande, da Rússia e Frederico I da Prússia) e imortalidade como pai da microbiologia. A *Royal Society** tinha grande interesse em seus trabalhos, tendo publicado mais de 300 comunicações em sua revista *Philosophical Transactions*.

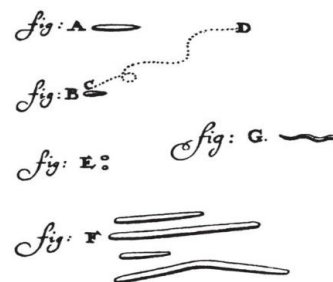


Figura 6: Desenhos de bactérias da boca de Leeuwenhoek. Posteriormente observando água parada descreveu os primeiros microorganismos, que chamou de *animalculus*, e eram provavelmente bactérias ou protozoários (1676).



THE ROYAL SOCIETY

* *Royal Society* era a mais importante academia de ciência da época, teve entre seus membros ilustres Robert Hooke, Isaac Newton, Charles Darwin, Albert Einstein, Stephen Hawking e muitos outros.

"*Nullius in verba* (Latim)
("Nas palavras de ninguém")

1- LEDERMANN, Walter. ¿Quién las vio primero?. **Rev. chil. infectol.**, Santiago, v. 29, n. 3, p. 348-352, jun. 2012.
2- History of the Microscope, Disponível em: <<http://www.history-of-the-microscope.org/invention-of-glass-lenses-and-the-history-of-the-light-microscope.php>>. Acesso em: 23 out. 2016.
3- KARAMANOU, M.; POULAKOU -REBELAKOU, E.; TZETIS, M. y ANDROUTSOS, G. . Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa.**Rev. argent. microbiol**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 42, n. 4, p. 311-314, dic. 2010.

COLOCAR A ESCOLA

COLOCAR A SÉRIE E DISCIPLINA

COLOCAR OS NOMES DOS INTEGRANTES

TÍTULO

CIDADE

1. Introdução

Falar sobre a cortiça e a cenoura. Falar sobre flutuabilidade, sobre o que faz alguma coisa flutuar ou afundar.

2. Objetivo

Copiar as três questões de investigação do Robert Hooke

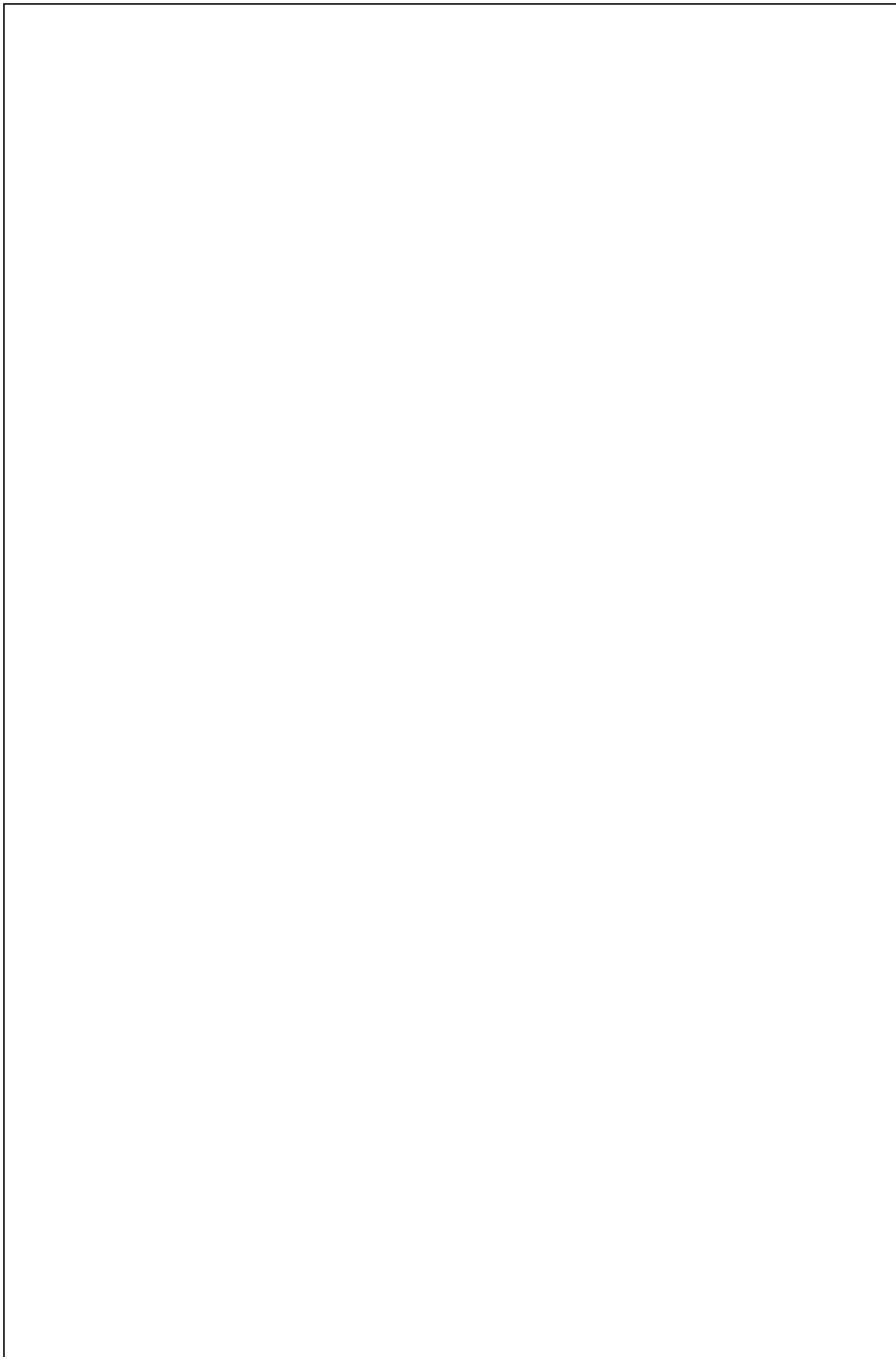
3. Hipóteses

Material	Hipótese (Afunda ou Flutua? e Por que?)
Cenoura	
Cortiça	

4. Metodologia ou Materiais e Métodos

Contar aqui como o experimento de flutuabilidade e a investigação usando o microscópio foram feitos.

5. Resultados



6. Discussão ou Análise e Conclusão

Aqui vocês precisam responder as três questões do Hooke, achar alguma coisa na estrutura microscópica da cortiça e da cenoura que explique ou sirva de argumento. Vocês precisam também dizer se a hipótese de vocês estava certa ou não e porquê.

Referências

APÊNDICE H: Materiais da aula/atividade 4 - Aula/atividade 4 - *Robert Hooke e a Cortiça* da versão aplicadas no Colégio Brasília

O Mundo Microscópico

Na aula de hoje voltaremos a seguir os passos de *Robert Hooke*, em mais uma de suas investigações. Investigação sobre algumas propriedades da cortiça e que foi apresentada a *Royal Society* e posteriormente virou um capítulo do livro *Micrographia*.

Atividade 4.1: Relatório de investigação

Comanda: Escrever um relatório de investigação respondendo as mesmas questões de investigação de *Robert Hooke* sobre a cortiça. Para auxiliar nesta empreitada vocês devem comparar a cortiça com outro vegetal fornecido pelo professor.

- Peça ao professor a cortiça e o vegetal para comparação

Faça de conta que você é o assistente do *Robert Hooke* em 1665 quando este publicou seu livro *Micrographia* e usou pela primeira vez o termo célula para se referir à estrutura microscópica formadora da cortiça.

Veja fragmentos do relatório que Hooke* fez e publicou, no livro *Micrographia* (1665), sobre a investigação da cortiça.

Dos Objetivos:

(1º) Primeiro, por que esse corpo é tão leve? (2º) Segundo, nada pareceu mais difícil do que dar uma razão inteligível do porquê da cortiça ser um corpo tão inapto a absorver água e embeber-se nela e, conseqüentemente, preservar-se, flutuando na superfície d'água, mesmo que por muito tempo; (...) (Porque a cortiça flutua na água?)

E (3º) terceiro, se perguntarmos: por que a cortiça quando comprimida tem tal elasticidade e capacidade de dilatar? E como ela pode sofrer tão grandes compressões, ou visível redução de dimensões, [...] e [...] voltar a se estender pelo mesmo espaço? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Dos Materiais e Métodos:

Eu peguei um bom pedaço de cortiça e com um canivete tão afiado quanto uma navalha cortei um [novo] pedaço, deixando a superfície bem lisa. Examinando-o diligentemente com um microscópio (...)

Dos Resultados:

(...) percebi que possuía uma aparência um pouco porosa. (...) muito parecido com um favo-de-mel. (...) esses poros, ou células, não eram muito profundos. (...) Nosso Microscópio nos informa que a substância da Cortiça é feita com Caixas ou Células perfeitamente fechadas, distintas uma da outra. (...). Eu nunca vi, e talvez jamais tenha sido observado, já que nunca encontrei nenhum escritor ou pessoa que tinha feito alguma menção deles antes disso. (...)

* A separação em itens/tópicos foi feita pelo professor e a tradução é de Araujo et.al. (2014).



Figura 1: Confeção de Rolhas.

Algumas informações sobre a cortiça:

A cortiça é um material muito utilizado por exemplo para a confecção de rolhas (fig.1) e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, cujo nome científico é *Quercus suber* (fig.2). Esta é uma espécie típica de regiões do Sul da Europa, como Portugal e Espanha, e do Norte da África.

No Brasil há espécies de árvores que também possuem uma casca externa formada de cortiça, como o mulungu (*Erithrina mulungu*), no Nordeste, e a Kielmeyera (*Kielmeyera coriacea*), de grande ocorrência nos cerrados. Essas árvores possuem folhas verdes o ano todo e sua característica mais importante é a casca exterior, formada pela cortiça. Elas são encontradas em algumas cidades; em São



Figura 2: Caule avermelhado de *Quercus suber*, com parte da cortiça extraída.

Paulo, há *Quercus suber* no Parque da Luz e *Kielmeyera* no campus da Universidade de São Paulo.

Para preparar o relatório: Faça de conta que você(s) é(são) o(s) assistente(s) do *Robert Hooke* em 1665 quando este publicou seu livro *Micrographia* e usou pela primeira vez o termo célula para se referir à estrutura microscópica formadora de um material (no caso a cortiça). Lembre-se(m) que nesta comunicação você(s) deve(m) responder às três perguntas de investigação do *Hooke*, anteriormente apresentadas no fragmento histórico: (1º) Por que a cortiça é leve? (2º) Porque a cortiça flutua na água? (3º) Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Caro(s) assistente(s):

Não pude escrever antes porque minha saúde estava péssima. Além disso, tenho trabalhado muito para conseguir preparar as demonstrações para os encontros semanais da Royal Society of London.

Mas vamos ao trabalho: Você se lembra da investigação que fizemos da casca do sobreiro (cortiça) certo? Pois bem, preciso fazer a comunicação desta investigação na Royal Society. Assim, nosso trabalho será divulgado para muitos pesquisadores de toda a Europa. Como você, meu jovem aprendiz, me acompanhou em todos os passos e está totalmente informado sobre o estudo, eu gostaria que você preparasse o relatório e a comunicação da investigação.

Não a faço eu mesmo porque estou atarefado com outras observações no microscópio (insetos, pedaços de tecidos, gelo, ponta de agulha) e no telescópio (superfície da lua). Aliás, como você sabe, venho tendo discussões calorosas com Sir Isaac Newton e preciso muito continuar esse debate.

Seu humilde servo,

Robert Hooke

Atividade 4.2: Linha do tempo da microbiologia

Comanda: Marcar na folha da linha do tempo os eventos que julgar importantes para a microbiologia.

APÊNDICE I: Lista (1) inicial com o compilado de Práticas Epistêmicas (PE) dos trabalhos de referência

Quadro 26: Quadro com a Lista (1) inicial com o compilado de Práticas Epistêmicas (PE) dos trabalhos de referência.

Prática Epistêmica Geral	Prática Epistêmica Específica com Código de Identificação do trabalho de origem (quadro 06) Rubrica (se houvesse no original)	Rubrica (se houvesse no original)
Proposição ou Produção do Conhecimento	Propor/formular questões científicas (KL-18) P01	
	Planejar investigações científicas para responder a perguntas (KL-18) P02	
	Fazer observações (KL-18) P04	
	Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18) P05	
	Construir e refinar modelos (KL-18) P07	
	1. Problematizar (A08) P01	Essa prática é utilizada quando o aluno cria um problema/questão relacionado ao tema que está sendo estudado ou retoma um problema/questão anteriormente proposto pela professora. Corresponde à motivação para o início da discussão (A08)
	2. Elaborar hipóteses (A08) P06	Corresponde às alternativas de respostas propostas para responder ao problema ou à questão proposta (A08)
	3. Planejar investigação (A08) P02	Traçar estratégias para a investigação do problema (A08)
4. Construir dados (A08) P04	Corresponde à construção ou a coleta dos dados (A08)	
5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08) P05	Quando os alunos recorrem, explicitamente, aos conceitos que já possuem para interpretar os dados obtidos na atividade (A08)	
6. Articular conhecimento observacional e conceitual (A08) P08	Quando explicitam diretamente a relação entre o conceito e a observação que estão realizando no experimento (A08)	

7. Lidar com situação anômala ou problemática (A08) P08	Quando o problema ou a questão proposta difere do que era esperado pelos alunos ou quando lidam com um problema que é novo, para o qual não conseguem elaborar hipótese ou chegar na resposta (A08)
8. Considerar diferentes fontes de dados (A08) P04	Quando recorrem a algum dado diferente do que está sendo trabalhado naquele momento para solucionar o problema (A08)
9. Checar entendimento (A08) C03	Quando o grupo volta ao que já havia sido anteriormente discutido para verificar se a compreensão está apropriada. Essa prática ocorre entre o próprio grupo ou durante a interação do grupo com a professora (A08)
10. Concluir (A08) P08	Quando o grupo finaliza o problema, a questão proposta (A08)
Elaborar questões científicas (Elo17) P01	Definir, discutir ou retomar a questão de investigação (Elo17)
Planejar investigações científicas para responder questões (Elo17) P02	Definir instrumentos, procedimentos e tarefas a serem desenvolvidas na investigação (Elo17)
Fazer observações (Elo17) P04	Observar características e evidências no plano empírico (Elo17)
Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17) P05	Definir ou discutir o que conta como dado e evidência para a investigação (Elo17)
<i>Construir dados</i> (Elo17) P05	
<i>Lidar com problemas e situações anômalas</i> (Elo17) P08	Enfrentar erros, problemas, dificuldades e lidar com dados anômalos durante a investigação (Elo17)
Construir e refinar modelos (Elo17) P07	Existente no original, mas suprimida pela autora por não ser encontrada nas análises (Elo17)
Articular o próprio conhecimento - Monitorar o progresso (J08) P03	
Articular o próprio conhecimento - Realizar investigações (J08) P03	

	Articular o próprio conhecimento - Usar conceitos para planejar e executar ações (p.e. no laboratório) (J08) P02 e P03 (separado planejar e executar)	
	Articular o próprio conhecimento - Articular conhecimento técnico e conceitual (J08) P08	
	Articular o próprio conhecimento - Construir significados (J08) P08	
	Dar sentido aos padrões nos dados - Considerar diferentes fontes de dados (J08) P04	
	Dar sentido aos padrões nos dados (P05) - Construir dados (J08) P04 (sem a parte inicial)	
	Articulação dos próprios saberes - Monitorando o progresso (Ad08) P03	
	Articulação dos próprios saberes - Performando investigações (Ad08) P03	
	Articulação dos próprios saberes - Usando conceitos para planejar e performar ações (por exemplo no laboratório) (Ad08) P02 e P03 (separado planejar e executar)	
	Articulação dos próprios saberes - Articulando conhecimento técnico e conceitual (Ad08) P08	
	Articulação dos próprios saberes - Construindo significados (Ad08) P08	
	Dando sentido aos padrões de dados - Considerando diferentes fontes de dados (Ad08) P04	
	Dando sentido aos padrões de dados (P05) - Construindo dados (Ad08) P04 (sem a parte inicial)	
Prática Epistêmica Geral	Prática Epistêmica Específica com Código de Identificação do trabalho de origem (quadro XX) Rubrica (se houvesse no original)	Rubrica (se houvesse no original)
Comunicação do Conhecimento Científico	Desenvolver uma linha de raciocínio científico (KL18) P05	
	Escrever uma explicação científica (relatório de laboratório) (KL18) P09	
	Comunicar verbalmente uma explicação científica (KL18) C03	
	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínio (KL18) P09	
	1. Argumentar (A08) A04	Algum membro do grupo procurar convencer os outros ou estabelecer um ponto de vista

		justificável frente a um conhecimento ou problema considerado contestável. Nessa análise, utilizamos a argumentação como sendo uma atividade verbal e social, desenvolvida pelos membros do grupo, que tenha por objetivo reforçar ou enfraquecer a aceitabilidade de um ponto de vista controverso perante o grupo (A08)
	2. Narrar (A08) C03	Narrar fatos na ordem temporal de acontecimentos. Nesse tipo de comunicação estão presentes agentes, situação ou contexto de ação e intenções ou motivos (A08)
	3. Descrever (A08) C05	Fornecer as características, configuração espacial de um evento ou objeto. Este tipo de texto envolve enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes (A08)
	4. Explicar (A08) P09	O texto explicativo recorre a algum tipo de mecanismo ou de modelo teórico para se referir a um sistema, objeto ou fenômeno (A08)
	5. Classificar (A08) P05	A classificação é um tipo de descrição, na qual se define algumas classes, normalmente por regras de categorização clássica (A08)
	6. Exemplificar (A08) C06	Usando instâncias particulares para sustentar uma ideia mais geral. A exemplificação pode comportar vários tipos de texto diferentes (uma descrição, uma classificação, uma narração e uma explicação), mas apresentadas com o objetivo de exemplificar algo (A08)
	7. Definir (A08) C03	Enunciar um dado sentido que se pretende conferir a uma palavra ou expressão de modo que

		possa, a partir de então, ser tomada como referência coletiva (A08)
	8. Generalizar (A08) P07	Envolve a produção de enunciados que contém explicações ou descrições que não se referem a um fenômeno ou objeto específico, mas a classe desses fenômenos ou objetos (A08)
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias (A08) P08	Quando o sujeito apresenta uma opinião pessoal, bem sinalizada (com marcadores textuais como: na minha opinião, eu acredito que) (A08)
	10. Negociar explicações (A08) A05	O grupo negocia uma explicação plausível para tentar atingir consenso entre os seus membros para a questão proposta. Presente ao final das atividades, quando as alunas estão formalizando a resposta final para ser colocada no roteiro de atividades (A08)
	11. Usar linguagem representacional (A08) A04	Quando o grupo utiliza simbologia química ou matemática, linguagem representacional, para transpor suas observações (A08)
	12. Usar analogias e metáforas (A08) P09	Utilização de metáforas e analogias para fazer explicações (A08)
	Desenvolver um raciocínio científico (Elo17) P08	Relacionar ideias logicamente (Se... Então... Portanto (Elo17)
	Construir uma explicação científica (fusão do que no original eram as duas categorias abaixo) (Elo17) P09	Utilizar evidências, raciocínios, e conhecimentos prévios ou já estabelecidos na construção de relações causais. (Elo17)
	Comunicar verbalmente uma explicação científica (Elo17) C03	Tais categorias foram fusionadas e deram origem a categoria “Construir uma explicação científica baseada em raciocínios, conhecimentos já estabelecidos ou em evidências”. Tal fusão ocorreu, pois, os dados empíricos consistem em interações discursivas, portanto

		somente há evidência se uma explicação foi construída se essa for comunicada. (Elo17)
P09	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínios (Elo17)	(Elo17)
	<i>Construir inscrições literárias</i> (Elo17) C04	Produzir fotografias, desenhos, esquemas, tabelas, gráficos e/ou equações para representar fenômenos. (Elo17)
	<i>Utilizar inscrições literárias</i> (Elo17) C04	Ler, interpretar e/ou discutir informações presentes em fotografias, desenhos, esquemas, tabelas, gráficos e/ou equações que representam fenômenos. (Elo17)
	Escrever um relatório científico (Elo17) C02	Escrever, elaborar, ditar e/ou discutir o texto científico. (Elo17)
	Interpretar e construir inscrições - Relacionar diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (J08) C04	
	Interpretar e construir inscrições - Transformar dados em diferentes formatos (J08) C04	
	Produzir relatórios e outros textos que circulam na sala de aula - Escrever textos em diferentes linguagens científicas (J08) C02	
	Persuadir os membros da comunidade - Apresentar suas próprias ideias e enfatizar pontos chaves (J08) A04	
	Persuadir os membros da comunidade - Negociar explicações (J08) A04	
	Interpretar e construir as representações - Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (Ad08) C04	
	Interpretar e construir as representações - Transformando dados (Ad08) C04	
	Persuadir os outros membros da comunidade - Aprendendo a escrever no gênero informativo (Ad08) C02	
	Persuadir os outros membros da comunidade - Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave (Ad08) A04	
	Persuadir os outros membros da comunidade - Negociando explicações (Ad08) A05	

Prática Epistêmica Geral	Prática Epistêmica Específica com Código de Identificação do trabalho de origem (quadro XX) Rubrica (se houvesse no original)	Rubrica (se houvesse no original)
Avaliação do Conhecimento Científico	Avaliar méritos de uma afirmação científica (A03), evidência (A02) ou modelo (A07) (KL18) (dividido em 3, sendo	
	Avaliar uma linha de raciocínio científico (KL18) (A03)	
	Avaliar explicação científica (KL18) (A05)	
	Considerar explicações alternativas (KL18) (A05)	
	1. Complementar ideias (A08) (A04)	Corresponde à complementar o que foi dito anteriormente (A08)
	2. Contrapor ideias (A08) (A04)	Corresponde à discordância do que foi dito anteriormente (A08)
	3. Criticar outras declarações (A08) (A04)	Criticar, explicitamente, o que foi anteriormente dito. Numa crítica, nem sempre há discordância com o que foi enunciado, ou essa discordância é parcial (A08)
	4. Usar dados para avaliar (A08) (A01)	Usar um conjunto de dados para avaliar os enunciados teóricos (A08)
	5. Avaliar a consistência dos dados (A08) (A01)	Verificar se os dados são coerentes com as teorias (A08)
	Avaliar uma linha de raciocínio científico (Elo17) (A03)	Fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de um raciocínio científico (Elo17)
	Avaliar os méritos de uma afirmação (A03), evidência (A02), explicação (A05), inscrição literária (A02) (Elo17)	Fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de uma afirmação, evidência, explicação, inscrição literária, ou ainda seus processos de construção (Elo17)
	Considerar explicações alternativas (Elo17) (A05)	Existente no original, mas suprimida pela autora por não ser encontrada nas análises (Elo17)
	Coordenar teoria e evidência: argumentação - Distinguir conclusões de evidências (J08) (A02)	
Coordenar teoria e evidência: argumentação - Usar dados para avaliar teorias (J08) (A01)		

Coordenar teoria e evidência: argumentação - Usar conceitos para interpretar dados (J08) (P08)	
Coordenar teoria e evidência: argumentação - Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08) (P05) sem a parte inicial	
Coordenar teoria e evidência: argumentação - Recorrer a outros conhecimentos para consistência dos dados (J08) (P08)	
Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) - Justificar suas próprias conclusões (J08) (A02)	
Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) - Criticar conclusões de outros (J08) (A03)	
Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) - Usar conceitos para categorizar dados anômalos (J08) (P08)	
Coordenar teoria e evidência: (argumentação) - Distinguindo conclusões de evidências (Ad08) (A02)	
Coordenar teoria e evidência: (argumentação) - Usando dados para avaliação de teorias (Ad08) (A01)	
Coordenar teoria e evidência: (argumentação) - Usando conceitos para interpretação dos dados (Ad08) (P08)	
Coordenar teoria e evidência: (argumentação) - Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08) (P05)	
Coordenar teoria e evidência: (argumentação) - Recorrendo à consistência com outros conhecimentos (Ad08) (P08)	
Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Justificando as próprias conclusões (Ad08) (A02)	
Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Criticando conclusões de outros (Ad08) (A02)	
Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Usando conceitos para configurar anomalias. (P08)	

Prática Epistêmica Geral	Prática Epistêmica Específica com Código de Identificação do trabalho de origem (quadro XX) Rubrica (se houvesse no original)	Rubrica (se houvesse no original)
Legitimação do Conhecimento Científico	Construir consenso sobre explicações científicas (KL18) (L01)	
	Apresentar consenso (legitimar) sobre a explicação que mais se adéqua as teorias científicas pré-existentes (KL18) (L01)	
	Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica (KL18) (L02)	
	Construir consenso sobre a explicação que mais se aproxima das teorias preexistentes cientificamente aceitas (Elo17) (L01)	Retirada pela autora por considerar que se sobrepõe a categoria “Construir consenso de grupo sobre explicações científicas” (Elo17)
	<i>Construir consenso de grupo sobre procedimentos</i> (Elo17) (L03)	Decidir coletivamente os procedimentos que serão adotados na investigação, na construção de dados ou ainda na construção do relatório científico e das inscrições literárias (Elo17)
	Construir consenso de grupo para explicações científicas (Elo17) (L01)	Decidir coletivamente a explicação que será adotada pelo grupo (Elo17)
	Reconhecer conhecimentos relevantes na comunidade epistêmica (Elo17) (L02)	Identificar e aceitar os procedimentos, conhecimentos e ideias que são importantes e válidos na comunidade epistêmica de práticas (Elo17)

Essas PE não estavam nos trabalhos de origem distribuídas sob nenhuma das Práticas Sociais relacionadas a construção do conhecimento	1 Produzindo perguntas de pesquisa - 1.1 Os alunos produzem suas próprias perguntas de pesquisa/investigação (JFL10)	
	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação - 2.1 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação sobre outros assuntos (JFL10)	
	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação - 2.2 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação e informações sobre a própria questão escolhida (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.1 Alunos propõem e planejam procedimentos para abordar a questão (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.2 Os alunos decidem e selecionam as variáveis a investigar e como medi-las (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.3 Alunos selecionam mais de uma variável (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.4 Os alunos definem quais devem ser os controles e como configurá-los (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.5 Alunos realizam um estudo piloto (JFL10)	
	4 Fazendo observações - 4.1 Os alunos fazem observações, coletam dados, abordam o viés do observador (JFL10)	
	4 Fazendo observações - 4.2 Alunos selecionam e analisam dados (JFL10)	
	5 Explicando os resultados - 5.1 Estudantes interpretam dados, transformam observações em outro formato de dados (JFL10)	
	5 Explicando os resultados - 5.2 Alunos identificam falhas, levam em consideração dados anômalos (JFL10)	
	5 Explicando os resultados - 5.3 Alunos identificam padrões (JFL10)	
	5 Explicando os resultados - 5.4 Os alunos relacionam as observações à questão de pesquisa/investigação por meio de cadeias de inferência que podem ser indiretas (JFL10)	

5 Explicando os resultados - 5.5 Alunos generalizam para diferentes situações (JFL10)	
6 Desenvolvendo teorias - 6.1 Os alunos desenvolvem explicações ou interpretações que podem envolver entidades não observáveis (JFL10)	
6 Desenvolvendo teorias - 6.2 Alunos consideram explicações alternativas, abordam dados conflitantes (JFL10)	
6 Desenvolvendo teorias - 6.3 Alunos tiram conclusões dos dados (JFL10)	
6 Desenvolvendo teorias - 6.4 Estudantes fazem previsões e sugerem novas questões emergentes (JFL10)	
7 Comunicar resultados e processo - 7.1 Alunos escrevem relatórios de pesquisa/investigação (JFL10)	
7 Comunicar resultados e processo - 7.2 Os alunos comunicam seus resultados a outras pessoas na escola ou fora dela (JFL10)	
7 Comunicar resultados e processo - 7.3 Os resultados são publicados em um periódico (JFL10)	
8 Produzir impacto social ou técnico - 8.1 O estudo tem algum impacto social ou técnico, incluindo prêmios (JFL10)	
Explicar fenômenos cientificamente - Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)	As Competências Gerais do PISA apresentavam uma descrição (as Competências Específicas não). As descrições podem ser tomadas como rubricas. Explicar fenômenos cientificamente significa: reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos, demonstrando capacidade de: (completando com cada competência específica)
Explicar fenômenos cientificamente - Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações (PISA)	
Explicar fenômenos cientificamente - Fazer e justificar previsões apropriadas (PISA)	
Explicar fenômenos cientificamente - Oferecer hipóteses explicativas (PISA)	
Explicar fenômenos cientificamente - Explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade (PISA)	
Avaliar e planejar experimentos científicos - Identificar a questão explorada em um dado estudo científico (PISA)	As Competências Gerais do PISA apresentavam uma descrição (as Competências Específicas

Avaliar e planejar experimentos científicos - Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente (PISA)	não). As descrições podem ser tomadas como rubricas. Avaliar e planejar experimentos científicos significa: descrever e avaliar investigações científicas e propor meios para responder cientificamente a questões, demonstrando capacidade de: (completando com cada competência específica)
Avaliar e planejar experimentos científicos - Propor formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	
Avaliar e planejar experimentos científicos - Avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	
Avaliar e planejar experimentos científicos - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	
Interpretar dados e evidências cientificamente - Transformar dados de uma representação para outra (PISA)	As Competências Gerais do PISA apresentavam uma descrição (as Competências Específicas não). As descrições podem ser tomadas como rubricas. Interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar dados, suposições e argumentos em representações variadas e tecer conclusões científicas apropriadas ao contexto, demonstrando capacidade de: (completando com cada competência específica)
Interpretar dados e evidências cientificamente - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA)	
Interpretar dados e evidências cientificamente - Identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências (PISA)	
Interpretar dados e evidências cientificamente - Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações (PISA)	
Interpretar dados e evidências cientificamente - Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)	
Elaboração de perguntas e definição de problemas (NRC)	
Desenvolvimento e utilização de modelos (NRC)	
Planejamento e realização de investigações (NRC)	
Análise e interpretação de dados (NRC)	
Uso da matemática e do pensamento computacional (NRC)	
Construção de explicações (NRC)	
Engajamento em argumentos baseados em evidências (NRC)	
Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)	

APÊNDICE J: Segunda Lista (2) de PE com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas” e proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica

Os quadros abaixo contêm os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas específicas” dos trabalhos de referência (QUADRO 06), mais as práticas científicas do NRC (2012) e as competências gerais e específicas esperadas do PISA (2015) segundo proposta do GEPEB. Contêm também proposta de redação unificadora representativa de cada agrupamento e respectiva rubrica. A distribuição sob as “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico – também foi proposta pelos integrantes do GEPEP e o autor dessa tese.

Quadro 27: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de **Proposição/Produção do conhecimento científico** com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.

Produção/Proposição do Conhecimento Científico			
	“Práticas Epistêmicas Específicas”		Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (P01)	1. Problematizar (A08)	Elaborar questões científicas (Elo17)	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01) O(s) envolvido(s) propõe(m) o problema, redigem, explicitam ou conversam sobre o que pretendem/intencionam investigar, sobre os objetivos ou as questões de investigação. A retomada de um problema/questão anteriormente proposto também identifica esta PECE. Por fim a seleção ou triagem de questões possíveis de serem respondidas cientificamente também pode identificar esta PECE
	Elaboração de perguntas e definição de problemas (NRC)	Avaliar e planejar experimentos científicos - Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente (PISA)	
	Propor/formular questões científicas (KL-18)		
	6 Desenvolvendo teorias - 6.4 Estudantes fazem previsões e sugerem novas questões emergentes (JFL10)	1. Produzindo perguntas de pesquisa - 1.1 Os alunos produzem suas próprias perguntas de pesquisa/investigação (JFL10)	

Agrupamento (P02)	3. Planejar investigação (A08)	Planejar investigações científicas para responder questões (Elo17)	Planejamento de Investigação Científica (P02) O(s) envolvido(s) planeja(m) a investigação, traçam estratégias, são discutidos instrumentos, procedimentos, etapas e tarefas a serem desenvolvidas na investigação. Isso pode incluir divisão de tarefas, tópicos a serem pesquisados, lista de materiais, seleção de variáveis, escolha de controles e até resultados esperados, formas de coletar e registrar os dados e transformá-los em evidências
	Planejar investigações científicas para responder a perguntas (KL-18)	Planejamento e realização de investigações (NRC)	
	3 Projetando/ planejando investigações - 3.1 Alunos propõem e planejam procedimentos para abordar a questão (JFL10)	Articulação dos próprios saberes - Usando conceitos para planejar e executar ações (por exemplo no laboratório) (Ad08)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.2 Os alunos decidem e selecionam as variáveis a investigar e como medi-las (JFL10)	Articular o próprio conhecimento e - Usar conceitos para planejar e executar ações (p.e. no laboratório) (J08)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.4 Os alunos definem quais devem ser os controles e como configurá-los (JFL10)	3 Projetando/planejando investigações - 3.3 Alunos selecionam mais de uma variável (JFL10)	
	3 Projetando/planejando investigações - 3.5 Alunos realizam um estudo piloto (JFL10)	Avaliar e planejar experimentos científicos - Propor formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	
Agrupamento (P03)	Articular o próprio conhecimento e - Realizar investigações (J08)	Articulação dos próprios saberes - Performando investigações (Ad08)	Execução de Investigação Científica (P03) O(s) envolvido(s) realiza(m)/performa(m) a investigação. São as ações realizadas para obtenção dos dados. Aqui pode tratar-se da realização de experimentos, entrevistas, saídas de campo por exemplo. A natureza dessas ações é dependente dos objetivos das investigações e dados/evidências necessários para obtenção de respostas.
	Articular o próprio conhecimento e - Usar conceitos para planejar e executar ações (p.e. no laboratório) (J08)	4 Fazendo observações - 4.1 Os alunos fazem observações, coletam dados, abordam o viés do observador (JFL10)	
	Articulação dos próprios saberes - Monitorando o progresso (Ad08)	4 Fazendo observações - 4.2 Alunos selecionam e analisam dados (JFL10)	
	Articular o próprio conhecimento - Monitorar o progresso (J08)	Articulação dos próprios saberes - Usando conceitos para planejar e executar ações (por exemplo no laboratório) (Ad08)	
	Planejamento e realização de investigações (NRC)		
Agrupamento	Construir dados (Elo17)	4. Construir dados (A08)	Construção de Dados (P04) O(s) envolvido(s) constrói(ões) dados ou recorre(m) a dados. Isso pode incluir realizar
	“Dar sentido aos padrões nos dados e - Considerar diferentes fontes de dados (J08)”	Dar sentido aos padrões nos dados e - Construir dados (J08)	

	Dando sentido aos padrões de dados - Construindo dados (Ad08)	Construir dados (J08)	ações como: fazer observações empíricas, contar, medir, amostrar, desenhar, entrevistar, comparar, fazer análise estatística, usar instrumento tecnológico/científico (microscópio, lupa) e etc
	Fazer observações (KL-18)	Fazer observações (Elo17)	
	4 Fazendo observações (JFL10)	<i>Obtenção de informações (NRC)</i>	
	Considerando diferentes fontes de dados (Ad08)	8. Considerar diferentes fontes de dados (A08)	
Agrupamento (P05)	Análise e interpretação de dados (NRC)	Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA)	Construção de Evidências (P05) O(s) envolvido(s) constrói(ões) evidência(s). A construção de evidências se dá quando os dados são transformados em evidências ⁵⁴ . Isso pode se dar quando o(s) envolvido(s) estão: classificando, interpretando, e /ou analisando os dados; dando sentidos a padrões de dados; discutindo e definindo o que, e quais dados contam, devem ser considerados, para obtenção de respostas à investigação.
	5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08)		
	Dando sentido aos padrões de dados - Construindo dados (Ad08)		
	“Dar sentido aos padrões nos dados e - Considerar diferentes fontes de dados (J08)”		
	Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08)	Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08)	
	Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17)	Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18)	
	5. Classificar (A08)		
Agrupamento	2. Elaborar hipóteses (A08)	Explicar fenômenos cientificamente - Fazer e justificar previsões apropriadas (PISA)	Elaboração de Hipóteses (P06) O(s) envolvido(s) elaboram(m) hipótese(s), que

⁵⁴ A valorização das evidências como entidades distintas dos dados, como prática epistêmica a ser valorizada foi baseada no *continuum* evidência-explicação de Kelly e Duschl (2002, p. 51).

		Explicar fenômenos cientificamente - Oferecer hipóteses explicativas (PISA)	corresponde(m) à(s) alternativa(s) de resposta(s) ao(s) problema ou questão proposta. Isso pode ocorrer em relação à(s) questão(ões) de investigação, ao resultado de um experimento ou etapa experimental específica ou ser uma conjectura a partir da conclusão ou em relação a outro contexto experimental
Agrupamento (P07)	Construir e refinar modelos (Elo17)	Desenvolvimento e utilização de modelos (NRC)	Construção de Modelos (P07) O(s) envolvido(s) elabora(m) modelos representativos de processos ou fenômenos. Esses não se referem a um fenômeno, processo ou objeto específico, mas a classe desses fenômenos, processos ou objetos. Isso pode ocorrer com o uso de matemática, pensamento computacional ou outra forma
	Construir e refinar modelos (KL-18)	Uso da matemática e do pensamento computacional (NRC)	
	8. Generalizar (A08)	Explicar fenômenos cientificamente - Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações (PISA)	
Agrupamento (P08)	Articulação dos próprios saberes e - Articulando conhecimento técnico e conceitual (Ad08)	Articular o próprio conhecimento e - Articular conhecimento técnico e conceitual (J08)	Produção de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (P08) O(s) estudante(s) articula(m) conhecimento(s), que podem ter diferentes naturezas (podendo ser dados ou evidências empíricas, conceituais ou teóricas), com teorias para justificar conclusão(s) que é(são) para ele(s) conhecimento científico. A(s) articulação(ões) precisa(m) ser explícita(s).
	6. Articular conhecimento observacional e conceitual (A08)	Articulação dos próprios saberes - Construindo significados (Ad08)	
	Articular o próprio conhecimento e - Construir significados (J08)	Desenvolver um raciocínio científico (Elo17) 10. Concluir (A08)	
	Desenvolver uma linha de raciocínio científico (KL18)	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Usar conceitos para interpretar dados (J08)	

	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Usando conceitos para interpretação dos dados (Ad08)	5 Explicando os resultados - 5.2 Alunos identificam falhas, levam em consideração dados anômalos (JFL10)	Aqui é importante analisar se o argumento está tendo a função de propor/produzir o conhecimento científico (PE de Proposição/Produção) ou de avaliação (PE de Avaliação).
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Usando conceitos para configurar anomalias (Ad08)	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) e - Usar conceitos para categorizar dados anômalos (J08)	
	7. Lidar com situação anômala ou problemática (A08)	6 Desenvolvendo teorias - 6.3 Alunos tiram conclusões dos dados (JFL10)	
	Lidar com problemas e situações anômalas (Elo17)		
	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias (A08)	6 Desenvolvendo teorias - 6.2 Alunos consideram explicações alternativas, abordam dados conflitantes (JFL10)	
	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Recorrer a outros conhecimentos para consistência dos dados (J08)		
		<i>Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Recorrendo à consistência com outros conhecimentos (Ad08)</i>	
Agrupamento (P09)	4. Explicar (A08)	Construção de explicações (NRC)	Construção de Explicação Científica (P09) O(s) envolvido(s) constroem uma explicação científica para um dado fenômeno. As explicações se apresentam como tentativas de formulação de relações causais ou de atribuição de coerência a uma alegação. Para isso podem e devem ser trazidos evidências (preferencialmente com identificação de padrões), e conhecimento científico
	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínios (Elo17)	Construir uma explicação científica baseada em evidências e raciocínio (KL18)	
	5 Explicando os resultados (JFL10)	Construir uma explicação científica (Elo17)	
	Avaliar e planejar experimentos científicos - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Explicar fenômenos cientificamente - Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)	
		12. Usar analogias e metáforas (A08)	

	6 Desenvolvendo teorias - 6.1 Os alunos desenvolvem explicações ou interpretações que podem envolver entidades não observáveis (JFL10)	5 Explicando os resultados - 5.4 Os alunos relacionam as observações à questão de pesquisa/investigação por meio de cadeias de inferência que podem ser indiretas (JFL10)	apropriado, ambos articulados por raciocínio coerente. As cadeias de inferência podem inclusive ser indiretas. Podem ser usadas analogias e metáforas.
	Escrever uma explicação científica (relatório de laboratório) (KL18)	5 Explicando os resultados - 5.3 Alunos identificam padrões (JFL10)	Nas Explicações o fenômeno ou fato a ser explicado não está sob dúvida, são os elementos que levaram a esse fenômeno que podem ser contestados: o fenômeno é mais plausível que os elementos apontados como responsáveis por este fenômeno ⁵⁵ .
	<i>Explicar fenômenos cientificamente - Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)</i>		

Quadro 28: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de **Comunicação do conhecimento científico** com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica

Comunicação do Conhecimento Científico			
	“Práticas Epistêmicas Específicas”		Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrup (C01)	“Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC) “		Comunicação Científica (C01) O(s) envolvido(s) perfazem uma comunicação científica.
Agrupamento (C01)	Produzir relatórios e outros textos que circulam na sala de aula e para isso Escrever textos em diferentes linguagens científicas (J08)	Produzir relações - Aprendendo a escrever no gênero informativo (Ad08) Escrever um relatório científico (Elo17)	Produção de Relatório Científico (C02) O(s) envolvido(s) produz(m) relatório(s) científico(s) por escrito. O relatório deve, mas pode não conter todas as suas partes canônicas (Introdução, Hipótese, Objetivo, Metodologia, Resultados, Análise/Interpretação, Conclusão e Referências)
	Escrever uma explicação científica (relatório de laboratório) (KL18)	7 Comunicar resultados e processo - 7.1 Alunos escrevem relatórios de pesquisa/investigação (JFL10)	

⁵⁵ De acordo com Del-Corso e Trivelato (2017)

			ou estas estarem incompletas ou misturadas. A intenção de relatar a investigação por escrito é mais importante que a exatidão no uso e composição de suas partes canônicas
Agrupamento (C02)	Comunicar verbalmente uma explicação científica (KL18)	Comunicar verbalmente uma explicação científica (Elo17)	Comunicação de Explicação Científica (C03) O(s) envolvido(s) comunica(m) explicação(ões) científica(s). Aqui não são esperadas as partes canônicas ou estrutura formal de um relatório científico. A explicitação de uma conclusão e as informações que levaram a ela, com estabelecimento de relação causal, ou correlação, são suficientes para caracterizar uma explicação científica. Podem ser usadas analogias e metáforas
	7 Comunicar resultados e processo - 7.2 Os alunos comunicam seus resultados a outras pessoas na escola ou fora dela (JFL10)	2. Narrar (A08)	
		7. <i>Definir</i> (A08)	
		12. Usar analogias e metáforas (A08)	
	9. <i>Checar entendimento</i> (A08)		
Agrupamento (C03)	Construir inscrições literárias (Elo17)	Utilizar inscrições literárias (Elo17)	Construção de Inscrições Literárias (C04) O(s) envolvido(s) constrói(ões) inscrição(ões) literária(s). Isso se dá quando os dados ou evidências são transformados em uma representação ou de uma representação para outra (ex: desenhos, mapas, diagramas, textos, registros
	11. Usar linguagem representacional (A08)	Interpretar e construir as representações - Transformando dados (Ad08)	
	Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Transformar dados de uma representação para outra (PISA)	Interpretar e construir as representações - Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (Ad08)	

	Interpretar e construir inscrições e para isso Relacionar diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica (J08)	Interpretar e construir inscrições e para isso Transformar dados em diferentes formatos (J08)	feitos por instrumentos como fotos, vídeos, gravações, formulações matemáticas e modelos físicos) ⁵⁶ . Qualquer mudança do formato de uma linguagem para outra constitui a construção de uma inscrição literária. As inscrições literárias podem ter não somente a função de Comunicação do conhecimento científico, como podem ter função na sua Produção/Proposição. Por exemplo quando é através da construção de uma inscrição literária que, os dados são transformados em evidências, ou são estabelecidos padrões para os dados que desta forma permitem responder aos objetivos de uma investigação
Agrupamento (C05)	3. Descrever (A08)		Descrição (C05) O(s) envolvido(s) <i>descrevem as características, configurações espaciais de um evento ou objeto. Este tipo de texto envolve enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes</i> ⁵⁷ (A08)
Agrupamento	6. Exemplificar (A08)		Exemplificação (C06) O(s) envolvido(s) apresenta(m) exemplo(s) ou seja, estão <i>“Usando instâncias particulares para</i>

⁵⁶ Lehrer, Schauble e Petrosino (2001)

⁵⁷ Os trechos em *itálico* e entre aspas foram copiados *ipsis litteris* de Araujo (2008)

			<i>sustentar uma ideia mais geral. A exemplificação pode comportar vários tipos de texto diferentes (uma descrição, uma classificação, uma narração e uma explicação), mas apresentadas com o objetivo de exemplificar algo.”</i> ⁴³ (A08)
--	--	--	---

Quadro 29: Lista dois (2) com os agrupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de **Avaliação do conhecimento científico** com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.

Avaliação do Conhecimento Científico			
	“Práticas Epistêmicas Específicas”		Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (A01)	Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)	4. Usar dados para avaliar (A08)	Avaliação dos Dados/informações (A01) O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) teoria(s), conclusão(ões) ou afirmação(ões) colocando <i>sub judice</i> os dados/informações que serviram para embasá-las. O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) consistência do(s) dado(s). É importante verificar, através do contexto, se os dados não foram transformados em evidências, já que dados e evidências são considerados entidades diferentes. O engajamento em argumentação e/ou produção de argumentos é indício dessa prática.
	<i>“Avaliar experimentos científicos e para isso - avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados (PISA)”.</i>	Interpretar dados e cientificamente e para isso - Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)	
	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Usar dados para avaliar teorias (J08)	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Usando dados para avaliação de teorias (Ad08)	
		5. Avaliar a consistência dos dados (A08)	
Agrupamento (A02)	<i>Interpretar evidências - Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são</i>	<i>Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes</i>	Avaliação das Evidências (A02) O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) teoria(s), conclusão(ões) ou

	<i>baseados em outras considerações (PISA)</i>	<i>fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)</i>	afirmação(ões) colocando <i>sub judice</i> as evidências que serviram para embasá-las. O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) consistência da(s) evidências(s) e/ou a consistência da transformação dos dados em evidências. O engajamento em argumentação e/ou produção de argumentos também é indício dessa prática, salientando que deve-se ajuizar se são as evidências que estão <i>sub judice</i>
	Coordenar teoria e evidência: argumentação e para isso Distinguir conclusões de evidências (J08)	Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Distinguindo conclusões de evidências (Ad08)	
	Avaliar méritos de uma, evidência (KL18)	Avaliar os méritos de uma evidência, ou inscrição literária (Elo17)	
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Justificando as próprias conclusões (Ad08)	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Criticando conclusões de outros (Ad08)	
		Engajamento em argumentos baseados em evidências (NRC)	
Agrupamento (A03)	Avaliar uma linha de raciocínio científico (KL18)	Avaliar uma linha de raciocínio científico (Elo17)	Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03) O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) linha(s) de raciocínio científico. Isso pode incluir fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade de um raciocínio científico. Em relação aos elementos do TAP (argumento) significa colocar <i>sub judice</i> Apoios (A), Garantias (G) ou Justificativa (J) ⁵⁸ .
	Avaliar méritos de uma afirmação científica (KL18)	Avaliar os méritos de uma afirmação (Elo17)	
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) - Justificando as próprias conclusões (Ad08)	Contrastar conclusões (próprias ou alheias) com as evidências disponíveis (avaliar plausibilidade) e - Justificar suas próprias conclusões (J08)	
Agrupamento (A04)	1. Argumentar (A08)	3. Criticar outras declarações (A08)	Argumentação (A04) Os envolvidos se engajam em argumentação, tentam persuadir outros, contrapondo e criticando declarações e ideias alheias. Este agrupamento
	2. Contrapor ideias (A08)		
	Persuadir os membros da comunidade e para isso Apresentar suas próprias ideias e enfatizar pontos-chaves (J08)	Persuadir os outros membros da comunidade - Apresentando suas próprias ideias e	

⁵⁸ O elemento Justificativa (J) não existe no TAP original de Toulmin (2006), mas está presente quando o *layout* estiver adaptado segundo a proposição de Erduran et al. (2004)

	1. Complementar ideias (A08)	ênfatisando pontos-chave (Ad08)	foi criado para quando não for possível identificar o que está sendo colocado <i>sub judice</i> ou se a crítica for genérica ou não fundamentada, não estiver apontando nenhum alvo ou elemento
Agrupamento (A05)	Avaliar uma explicação científica (Elo17)	Avaliar explicação científica (KL18)	Avaliação de Explicação Científica (A05) O(s) envolvido(s) avalia(m) explicação(ões) científica(s). Isso pode incluir fazer juízo sobre a relevância, coerência e/ou qualidade da afirmação, evidência, ou teoria que fundamenta uma explicação ⁵⁹
	Avaliar os méritos de uma explicação (Elo17)	Persuadir os membros da comunidade e para isso Negociar explicações (J08)	
	<i>“Avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a objetividade e generalização das explicações (PISA)”</i> .	Persuadir os outros membros da comunidade - Negociando explicações (Ad08)	
	Considerar explicações alternativas (KL18)	Considerar explicações alternativas (Elo17)	
	10. Negociar explicações (A08)		
Agrupa (A06)	Avaliar e planejar experimentos científicos - Avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação - 2.2 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação e informações sobre a própria questão escolhida (JFL10)	Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06) O(s) envolvido(s) avalia(m) a(s) questão(ões), ou metodologia(s), de investigações ou suas propostas
	2 Analisando relatórios de pesquisa/investigação - 2.1 Alunos analisam relatórios de pesquisa/investigação sobre outros assuntos (JFL10)	Avaliar e planejar experimentos científicos - <i>Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)</i>	
Ag	Avaliar méritos de um modelo (KL18)		Avaliação de Modelo (A07)

⁵⁹ Vale destacar que para diferencia-la de um argumento pode-se usar a proposta metodológica de Del-Corso e Trivelato (2017)

Quadro 30: Lista dois (2) com os grupamentos das “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de **Legitimação do conhecimento científico** com proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica.

Legitimação do Conhecimento Científico		
	“Práticas Epistêmicas Específicas”	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica
Agrupamento (L01)	Construir consenso de grupo para explicações científicas (Elo17)	Construir consenso sobre explicações científicas (KL18)
	Construir consenso sobre a explicação que mais se aproxima das teorias preexistentes cientificamente aceitas (Elo17)	Apresentar consenso (legitimar) sobre a explicação que mais se adequa as teorias científicas pré-existentes (KL18)
	10. Negociar explicações (A08)	
		Legitimação de Explicações (L01) O(s) envolvido(s) constrói(ões) consenso sobre a(s) explicação(ões) que mais se adequa(m) as teorias científicas pré-existentes. Isso significa que o(s) envolvido(s) está(ão) legitimando uma explicação, e considerando como critério para isso, a melhor adequação as teorias científicas pré-existentes
Agrupamento (L02)	Reconhecer conhecimentos relevantes na comunidade epistêmica (Elo17)	Reconhecer o conhecimento relevante para a comunidade epistêmica (KL18)
		Legitimação de Conhecimentos (L02) O(s) envolvido(s) reconhece(m) o(s) conhecimento(s) relevante(s) para a comunidade epistêmica, legitimam determinado conhecimento como relevante. Isso significa que <i>“os envolvidos identificam e aceitam os procedimentos, conhecimentos e ideias que são importantes e válidos na comunidade epistêmica de práticas”</i> ⁶⁰
Agrupamento (L03)	Construir consenso de grupo sobre procedimentos (Elo17)	
		Legitimação de Procedimentos (L03) O(s) envolvido(s) constrói(ões) consenso

⁶⁰ Os trechos em *itálico* e entre aspas foram copiados *ipsis litteris* de Gerolin (2017)

			sobre os procedimentos da investigação científica. Isso significa que os envolvidos têm que <i>“decidir coletivamente os procedimentos que serão adotados na investigação, na construção de dados ou ainda na construção do relatório científico e das inscrições literárias”</i> ⁴⁶
--	--	--	---

APÊNDICE K: Transformações da segunda Lista (2) após ressubmiter ao GEPEB

Algumas das PE da primeira Lista (1) (compilado) não foram inicialmente distribuídas, quando na primeira submissão, sob nenhuma das “**Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais**” - **Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico** – pelos integrantes do GEPEP. Essas PE também não foram inicialmente agrupadas. O trabalho de distribuí-las e agrupá-las foi feito pelo autor, isoladamente. Para algumas PE a sugestão dos integrantes do GEPEB foi desmembrar as mesmas, separar as partes constituintes, para só então alocar cada parte sob uma das “**Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais**” - **Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico**. Para essas usou-se o *itálico* (na lista 2). Isso com o intuito de diferenciar as PE agrupadas e distribuídas pelos integrantes do GEPEB (redação normal) daquelas feitas exclusivamente pelo autor deste trabalho (*itálico*). Para as PE, Práticas científicas (NRC, 2012) ou as competências gerais e específicas esperadas para o letramento científico do PISA (2015), desmembradas foi usado o artifício de riscar (xxxxxxx) a parte a ser desconsiderada e manter sem risco a parte a ser considerada. Na lista dois (2) o texto foi mantido exatamente como no original e as hachuras podem ser vistas. Na lista três (3) as partes riscadas foram eliminadas.

As PE da “Lista inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE)” que não foram inicialmente encaixadas pelos integrantes do GEPEB são as seguintes:

Quadro 31: Práticas Epistêmicas (PE) da Lista (1) inicial e referencial de Práticas Epistêmicas (PE) ” que não foram agrupadas ou encaixadas sob nenhuma das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” pelos integrantes do GEPEB

<i>Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)</i>	<i>Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Recorrendo à consistência com outros conhecimentos (Ad08)</i>	<i>7 Comunicar resultados e processo - 7.3 Os resultados são publicados em um periódico (JFL10)</i>
<i>Explicar fenômenos cientificamente - Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações (PISA)</i>	<i>Explicar fenômenos cientificamente - Fazer e justificar previsões apropriadas (PISA)</i>	<i>Explicar fenômenos cientificamente - Oferecer hipóteses explicativas (PISA)</i>

<i>Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações (PISA)</i>	<i>Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências (PISA)</i>	<i>Avaliar e planejar experimentos científicos e para isso - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)</i>
<i>8 Produzir impacto social ou técnico - 8.1 O estudo tem algum impacto social ou técnico, incluindo prêmios (JFL10)</i>	<i>Explicar fenômenos cientificamente - Explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade (PISA)</i>	2. Narrar (A08)
		3. Descrever (A08)
		5. Classificar (A08)
6. Exemplificar (A08)	7. Definido (A08)	8. Generalizar (A08)
9. Checar entendimento (A08)	9. Apresentar ideias (opiniões) próprias (A08)	12. Usar analogias e metáforas (A08)

A PE de “*Coordenar teoria e evidência: (argumentação) Recorrendo à consistência com outros conhecimentos (Ad08)*” não foi, *a priori*, na terceira etapa, agrupada ou encaixada sob nenhuma das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” pelos integrantes do GEPEB, mas no entendimento do autor trata-se de uma “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral de Comunicação do conhecimento”. Isso já que Argumentos podem ser usados de diferentes formas e com diferentes funções. Jimenez-Aleixandre e Erduran (2007) afirmam que a argumentação é tanto uma parte integrante da construção do conhecimento científico como a forma do pensar cientificamente. Para Sasseron (2015) a argumentação pode ser uma forma de comunicar conhecimentos e ideias. Assim, quando os envolvidos estão coordenando teorias e evidências e para isso recorrendo a consistência com outros conhecimentos, entendemos que estão construindo argumentos com a função epistêmica de “Comunicação do conhecimento”. O padrão de Toulmin (2006) é amplamente valorizado no ensino de ciências para representar/identificar/caracterizar argumentos. No *layout* do Padrão de Argumento de Toulmin ou TAP (do inglês *Toulmin’s Argument Pattern*) a “evidência” seria o Dado (D) a “teoria” o Apoio (A) e os “outros conhecimentos” a Garantia (B) e tudo isso se articularia para chegar a uma Conclusão (C), ou seja, as articulações aqui estão sendo promovidas para se chegar a uma Conclusão (C), para comunicar como se deu a construção de um conhecimento científico.

A PE de “*7 Comunicar resultados e processo - 7.3 Os resultados são publicados em um periódico (JFL10)*” não foi encaixada para a composição da terceira Lista (3), já

que não houve, em nenhuma das aplicações da SEI este foco. O mesmo aconteceu em relação à PE **“8 Produzir impacto social ou técnico - 8.1 O estudo tem algum impacto social ou técnico, incluindo prêmios (JFL10)”**.

Em relação as “Práticas Epistêmicas Específicas” que se encaixam sob a **“Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Proposição/Produção do conhecimento**, foi sugerido juntar agrupamentos. Isso para diminuir a quantidade de PECEs da ferramenta inicial de análise do engajamento. Também foi sugerido desmembrar um dos agrupamentos feitos inicialmente de modo que as partes referentes a construção de evidências e as partes referentes a construção de dados se separem. Isso significou separar em duas partes algumas das “Práticas Epistêmicas Específicas”. A motivação aqui foi diferenciar o que se referia a ação epistêmica de construção de dados e de construção de evidências⁶¹. Isso já que acreditamos que o movimento epistêmico de análise e interpretação de dados culmina na transformação desses em evidências. As PE desmembradas foram colocadas dentro dos dois agrupamentos, com a parte transposta riscada (xxxxxx). Por exemplo, para PEs de **“Dar sentido aos padrões nos dados e Considerar diferentes fontes de dados (J08)”**, **“Dar sentido aos padrões nos dados e Construir dados (J08)”** e **“Dando sentido aos padrões de dados Construindo dados (Ad08)”** entendemos que as ações de “dar sentido aos padrões de dados” são um movimento epistêmico de transformar dados em evidências, por conseguinte foram alocadas para **“Construção de Evidências (P05)”**. Já “Construir dados” e “Considerar diferentes fontes de dados” se referem a **“Construção de Dados (P04)”**.

Quadro 32: Ajuste, adaptação e acomodação de Práticas Epistêmicas (PE) para/na composição das Práticas Epistêmicas Científico Escolares (PECEs) de **“Construção de Dados (P04)”** e **“Construção de Evidências (P05)”**

Agrupamento (P04) PECE de Construção de Dados (P04)	Agrupamento (P05) PECE de Construção de Evidências (P05)
“Construir dados (Elo17)”	“Análise e interpretação de dados (NRC)”
“4. Construir dados (A08)” ;	5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08)
“Dar sentido aos padrões nos dados e - Considerar diferentes fontes de dados (J08)”	“Dar sentido aos padrões nos dados e - Considerar diferentes fontes de dados (J08)”

⁶¹ A valorização das evidências como entidades distintas dos dados, como prática epistêmica a ser valorizada foi baseada no *continuum* evidência-explicação de Kelly e Duschl (2002, p. 51).

“Dar sentido aos padrões nos dados e - Construir dados (J08) ”;	“Dando sentido aos padrões de dados - Construindo dados (Ad08) ”
“Dando sentido aos padrões de dados - Construindo dados (Ad08) ”	Análise e interpretação de dados (NRC)
“8. Considerar diferentes fontes de dados (A08) ”	” Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA) ”
Fazer observações (KL-18)	5. Classificar (A08)
Fazer observações (Elo17)	Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18)
4 Fazendo observações (JFL10)	Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08)
Considerando diferentes fontes de dados (Ad08)	Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08)
Obtenção de informações (NRC)	Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17)

Fonte: Elaborada pelo autor.

O exercício de acomodação das competências gerais e específicas do PISA para compor a ferramenta de análise requereu um ajuste, correspondência e adaptação mais complexo. Em relação a Competência Geral de **“Explicar fenômenos cientificamente - ”** e suas respectivas Competências Específicas foram feitos os seguintes ajustes, adaptações e disposição:

Quadro 33: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Explicar fenômenos cientificamente - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs

Competência Geral seguida de uma das Competências Específicas a ela associada:	Disposição, ajustes e adaptações:
Explicar fenômenos cientificamente - Lembrar e aplicar conhecimento científico apropriado (PISA)	Não sofreu ajuste/adaptação e foi disposta no Agrupamento (P09), depois transformado em (C02). PECE de “Comunicação de Explicação Científica (C02) “
Explicar fenômenos cientificamente - Identificar, utilizar e gerar modelos explicativos e representações (PISA)	Foi desconsiderada a parte riscada, e então disposta no Agrupamento (PECE) de “Construção de Modelos (P07) “
Explicar fenômenos cientificamente - Fazer e justificar previsões apropriadas (PISA)	Para ambas foi desconsiderada a parte riscada, e então dispostas no Agrupamento (PECE) de “Elaboração de Hipóteses (P06) “
Explicar fenômenos cientificamente - Oferecer hipóteses explicativas (PISA)	
Explicar fenômenos cientificamente - Explicar as implicações potenciais do conhecimento científico para a sociedade (PISA)	Não foi utilizada

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação a Competência Geral de “**Avaliar e planejar experimentos científicos** - ” do PISA (2015) foi feita, como sugestão do GEPEB, a opção de desmembrar o “**Avaliar**“ e o “**Planejar**” dessa competência geral. Dessa forma, em relação a Competência Geral de “**Avaliar e planejar experimentos científicos** - ” e suas respectivas Competências Específicas foram feitos os seguintes ajustes, adaptações e disposição:

Quadro 34: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Avaliar e planejar experimentos científicos - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs

Competência Geral seguida de uma das Competências Específicas a ela associada:	Disposição, ajustes e adaptações:
Avaliar e planejar experimentos científicos - Identificar a questão explorada em um dado estudo científico (PISA)	Desconsiderando a parte riscada, a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Identificar a questão explorada em um dado estudo científico (PISA)	Desconsiderando a parte riscada, a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Planejamento de Investigação Científica (P02) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Diferenciar questões possíveis de serem investigadas cientificamente (PISA)	Desconsiderando a parte riscada, a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Proposição/Seleção de Problema Científico (P01) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Propor formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	Desconsiderando a parte riscada a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Planejamento de Investigação Científica (P02) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Avaliar formas de explorar cientificamente uma dada questão (PISA)	Desconsiderando a parte riscada a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Desconsiderando a parte riscada, a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Comunicação de Explicação Científica (C02) “
Avaliar e planejar experimentos científicos - Descrever e avaliar os vários caminhos que os cientistas usam para assegurar a confiabilidade dos dados e a objetividade e generalização das explicações (PISA)	Desconsiderando a parte riscada a competência foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06) “

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação a Competência Geral de “**Interpretar dados e evidências cientificamente** - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas foram feitos os seguintes ajustes, adaptações e disposição:

Quadro 35: Disposição, ajustes e adaptações aplicados a Competência Geral de “Interpretar dados e evidências cientificamente - ” do PISA (2015), e suas respectivas Competências Específicas, para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs

Competência Geral seguida de uma das Competências Específicas a ela associada:	Disposição, ajustes e adaptações:
Interpretar dados e evidências cientificamente - Transformar dados de uma representação para outra (PISA)	Não sofreu ajuste/adaptação e foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Construção de Inscrições Literárias (C04) “
Interpretar dados e evidências cientificamente - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA)	Não sofreu ajuste/adaptação e foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Construção de Evidências (P05) “
Interpretar dados e evidências cientificamente - Identificar as premissas, evidências e argumentos em textos relacionados às ciências (PISA)	Não foi utilizada
Interpretar dados e evidências cientificamente - Distinguir entre argumentos, quais são baseados em evidência científica e quais são baseados em outras considerações (PISA)	Não sofreu ajuste/adaptação e foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Avaliação de Evidências (A02) “
Interpretar dados e evidências cientificamente - Avaliar argumentos científicos e evidências de diferentes fontes (por ex., jornais, internet, revistas científicas) (PISA)	Não sofreu ajuste/adaptação e foi disposta no Agrupamento (PECE) de “Avaliação de Evidências (A02) “

Fonte: Elaborada pelo autor.

O exercício de acomodação das Práticas científicas propostas pelo NRC (2012) para compor a ferramenta de análise requereu ajustes em apenas duas das oito Práticas. A sugestão dos integrantes do GEPEB acerca da PE (no NRC chamada de Prática científica) “*Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)* ” foi de desmembrar a mesma em três. Isso já que “*obtenção de informações*” se encaixaria melhor sob a “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Produção/Proposição do conhecimento, “*avaliação de informações*” como “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Avaliação do conhecimento e “*comunicação de informações*” como “Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Comunicação do conhecimento. A outra Prática científica proposta pelo NRC (2012) desmembrada em duas partes foi “**Planejamento e realização de investigações (NRC)** “, diferenciando a

ação de planejar da ação de realizar/executar uma investigação. Resumidamente as Práticas científicas propostas pelo NRC (2012) foram assim adequadas:

Quadro 36: Disposição, ajustes e adaptações aplicados as Práticas científicas propostas pelo NRC (2012), para composição da ferramenta de análise do engajamento em PECEs

Práticas científicas como propostas pelo NRC (2012)	Adequações	Como está redigida na lista (3)	Disposição sob a PECE de:
Elaboração de perguntas e definição de problemas	nenhuma	Elaboração de perguntas e definição de problemas (NRC)	Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)
Uso da matemática e do pensamento computacional	nenhuma	Uso da matemática e do pensamento computacional (NRC)	Construção de Modelos (P07)
Desenvolvimento e utilização de modelos	Nenhuma	Desenvolvimento e utilização de modelos (NRC)	Construção de Modelos (P07)
Construção de explicações	Nenhuma	Construção de explicações (NRC)	Comunicação de Explicação Científica (C02)
Planejamento e realização de investigações	Planejamento e realização de investigações (NRC)	Planejamento de investigações (NRC)	Planejamento de Investigação Científica (P02)
	Planejamento e realização de investigações (NRC)	Realização de investigações (NRC)	Execução de Investigação Científica (P03)
Engajamento em argumentos baseados em evidências	Nenhuma	Engajamento em argumentos baseados em evidências (NRC)	Avaliação das Evidências (A02)
Análise e interpretação de dados	Nenhuma	Análise e interpretação de dados (NRC)	Construção de Evidências (P05)
Obtenção, avaliação e comunicação de informações	Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)	Obtenção de informações (NRC)	Construção de Dados (P04)
	Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)	Avaliação de informações (NRC)	Avaliação dos Dados/informações (A01)
	Obtenção, avaliação e comunicação de informações (NRC)	Comunicação de informações (NRC)	Produção de Relatório Científico (C01)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o exercício de acomodação das PE de Araújo (2008) foi muito importante considerar as rubricas propostas no trabalho original, já que a redação das PE em si é muito concisa (ex: 2. *Narrar*, 3. *Descrever*, 5. *Classificar*, 8. *Generalizar* e etc).

APÊNDICE L: Detalhamento do procedimento de verificação da lista dois (2) de Práticas Epistêmicas Científico Escolares (PECEs) com os trabalhos de referência sobre PE em relação a disposição sob as “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico -.

Comparou-se a vinculação que as práticas epistêmicas específicas tinham com as PE Gerais nos trabalhos originais que serviram de referência com a vinculação estabelecida pelo grupo. Alguns dos trabalhos tomados como referência inicial já distribuía as PE sob uma das **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico -**. Na lista dois as PE dos trabalhos originais, mais as práticas científicas do NRC (2012), e as competências gerais e específicas esperadas para o letramento científico do PISA (2015) foram agrupadas e distribuídas sob uma das **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais”** conforme os integrantes do GEPEB consideraram pertinente, e opinião inicial do autor da tese para aquelas não classificadas pelo grupo de pesquisa.

O processo de verificação consistiu em comparar a proposta de distribuição das PECEs com a distribuição original das PE nos trabalhos que foram tomados como referência. Vale lembrar que nem todos os trabalhos apresentam essa distribuição sob uma das **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico -**. Os trabalhos que o fazem são: Kelly e Licona (2018) (KL18), Araújo (2008) (A08), Gerolin (2017) (Elo17), Jiménez-Aleixandre et al. (2008) (J08) e Silva, (2008) (Ad08).

Os agrupamentos propostos pelos integrantes do GEPEB e o autor da tese foram numerados sequencialmente dentro de cada uma das **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais”** (vide APÊNDICE J). Aqueles inicialmente alocados sob a **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” de Proposição/Produção** receberam a numeração de P01 até P09. Sob a **“Atividades Sociais ou Práticas**

Epistêmicas (PE) Gerais” de Comunicação de C01 até C06, quando sob **Avaliação** de A01 até A07 e se **Legitimação** de L01 até L03.

A tabela abaixo (TABELA 6) apresenta, em suas colunas, quantas vezes as PE de cada agrupamento encontravam-se, nos trabalhos originais, sob cada uma das **“Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais” - Proposição/Produção, Comunicação, Avaliação ou Legitimação do conhecimento científico -**.

Para apresentar o procedimento de verificação é trazido um recorte da primeira parte da Segunda Lista (2) de PE com o agrupamento **“Construção de Evidências (P05)”**, mais a proposta de redação representativa do agrupamento, a respectiva rubrica e as **“Práticas Epistêmicas Específicas”**.

Quadro 37: Recorte da primeira parte da Segunda Lista (2) de PE com o agrupamento **“Construção de Evidências (P05)”** para exemplificar metodologia de verificação dos agrupamentos

Produção/Proposição do Conhecimento Científico			
	“Práticas Epistêmicas Específicas”	Proposta de redação representativa do agrupamento e respectiva rubrica	
Agrupamento (P05)	Análise e interpretação de dados (NRC)	Interpretar dados e evidências cientificamente e para isso - Analisar e interpretar dados e tirar conclusões apropriadas (PISA)	Construção de Evidências (P05) O(s) envolvido(s) constrói(ões) evidência(s). A construção de evidências se dá quando os dados são transformados em evidências ⁶² . Isso pode se dar quando o(s) envolvido(s) estão: classificando, interpretando, e /ou analisando os dados; dando sentidos a padrões de dados; discutindo e definindo o que, e quais dados contam, devem ser considerados, para obtenção de respostas à investigação.
	<u>5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08)</u>		
	<u>Dando sentido aos padrões de dados - Construindo dados (Ad08)</u>	<u>“Dar sentido aos padrões nos dados e - Construir dados (J08)”</u>	
	<u>“Dar sentido aos padrões nos dados e - Considerar diferentes fontes de dados (J08)”</u>		
	<u>Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08)</u>	<u>Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08)</u>	
	<u>Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17)</u>	<u>Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18)</u>	
	<u>5. Classificar (A08)</u>		

⁶² A valorização das evidências como entidades distintas dos dados, como prática epistêmica a ser valorizada foi baseada no *continuum* evidência-explicação de Kelly e Duschl (2002, p. 51).

Fonte: recorte da primeira parte da Segunda Lista (2) de PE com o agrupamento “**Construção de Evidências (P05)**”, mais a proposta de redação representativa do agrupamento, a respectiva rubrica e as “**Práticas Epistêmicas Específicas**”.

Cinco das PE específicas do agrupamento “**Construção de Evidências P05**” são alocadas, segundo os trabalhos de origem, como PE específicas de “**Produção/Proposição do Conhecimento Científico**” (“*Buscar evidências relevantes em uma investigação (KL-18)*”, “*5. Utilizar conceitos para interpretar dados (A08)*”, “*Visualizar evidências relevantes na investigação (Elo17)*”, “*Dar sentido aos padrões nos dados e - ~~Considerar diferentes fontes de dados (J08)~~*”, “*Dar sentido aos padrões nos dados e - ~~Construir dados (J08)~~*”).

Uma das PE específicas do agrupamento “**Construção de Evidências P05**” é alocada, segundo os trabalhos de origem, como PE específica de “**Comunicação do Conhecimento Científico**” (“*5. Classificar (A08) é alocada em Comunicação*”). Duas das PE específicas do agrupamento “**Construção de Evidências P05**” são alocadas, segundo os trabalhos de origem, como PE específicas de “**Avaliação do Conhecimento Científico**” (“*Olhar os dados de diferentes perspectivas (J08)*” e “*Olhando dados de diferentes perspectivas (Ad08)*”).

Seguindo essa lógica foi construída a tabela abaixo (TABELA 6) que permite comparar a alocação das PE específicas de cada agrupamento feitas pelo GEPEB e o autor da tese individualmente com a alocação dos trabalhos originais.

Tabela 22: Confronto da distribuição das Práticas Epistêmicas (PE) de acordo com a disposição nos trabalhos tomados como referência e conforme os integrantes do GEPEB e opinião inicial do autor da tese, sob cada uma das “Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas

PEs constituintes de cada agrupamento na Lista (2)	Distribuição das Práticas Epistêmicas (PE) de acordo com a disposição nos trabalhos tomados como referência			
	Proposição	Comunicação	Avaliação	Legitimação
PEs do agrupamento P01	3	0	0	0
PEs do agrupamento P02	5	0	0	0
PEs do agrupamento P03	6	0	0	0
PEs do agrupamento P04	7	0	0	0
PEs do agrupamento P05	5	1	2	0
PEs do agrupamento P06	1	0	0	0
PEs do agrupamento P07	2	1	0	0
PEs do agrupamento P08	8	3	5	0
PEs do agrupamento P09	0	6	0	0

PEs do agrupamento C01	0	0	0	0
PEs do agrupamento C02	0	3	0	0
PEs do agrupamento C03	2	4	0	0
PEs do agrupamento C04	0	8	0	0
PEs do agrupamento C05	0	1	0	0
PEs do agrupamento C06	0	1	0	0
PEs do agrupamento A01	0	0	4	0
PEs do agrupamento A02	0	0	6	0
PEs do agrupamento A03	0	0	5	0
PEs do agrupamento A04	0	3	3	0
PEs do agrupamento A05	0	0	5	0
PEs do agrupamento A06	0	0	0	0
PEs do agrupamento A07	0	0	0	0
PEs do agrupamento L01	0	0	0	4
PEs do agrupamento L02	0	0	0	2
PEs do agrupamento L03	0	0	0	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação aos agrupamentos P1 à P9, da lista dois (2), pode ser observado grande confluência entre a disposição das PE proposta pelo GEPEB e os trabalhos originais até P7. Os agrupamentos P8 e P9 destoam, já que suas PE componentes foram mais vezes dispostas nos trabalhos de origem sob outras “**Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais**” que sob a “**Atividades Sociais ou Práticas Epistêmicas (PE) Gerais**” de **Proposição/Produção do conhecimento científico**. Os agrupamentos C1 à C6 apresentam confluência bastante positiva entre a disposição das PE proposta pelo GEPEB e os trabalhos originais. Os agrupamentos A1 à A7 também apresentam confluência bastante positiva entre a disposição das PE proposta pelo GEPEB e os trabalhos originais, menos para A4. Para o agrupamento A4 um número igual de PEs são dispostas nos trabalhos de origem sob a “**Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral**” de **Avaliação**, e metade de **Comunicação**. Os agrupamentos L1 à L3 apresentam confluência bastante positiva.

Aqueles agrupamentos em que não houve confluência positiva direcionaram a revisão da lista dois (2) de PECEs para novo arranjo e disposição.

A primeira modificação ocasionada por essa verificação foi a alocação da PECE de “**Produção de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (P08)**” para como pertencente à “**Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral**” de **Comunicação do conhecimento científico**. A dificuldade em alocar essa PECE se justifica porque o

Argumento poder ter diferentes funções/significados na construção do conhecimento científico. Alguns trabalhos na introdução desta tese já apresentavam o fato de os Argumentos e a argumentação poderem ter diferentes funções/significados na construção do conhecimento científico. Por exemplo o trabalho de Latour e Woolgar (1997) que considera a elaboração de Argumentos como uma prática estruturante da cultura científica, e por isso entende essa como uma Prática Epistêmica (PE) central da ciência. Em seu livro -“*A Vida de Laboratório, a produção dos fatos científicos*” -, os autores consideram que a ciência é a prática da construção de fatos científicos, os quais são produzidos, apresentados e defendidos como/por Argumentos. Jimenez-Aleixandre e Erduran (2007) trazem também que a argumentação tanto pode se relacionar à construção do conhecimento científico, quanto pode ser considerada uma forma de persuasão ou de comunicação. Já Sasseron (2015) entende a argumentação pode ser uma forma de comunicar conhecimentos e ideias. Dessa forma foi feita a opção de considerar a **“Argumentação (A04) “** como uma forma de avaliar um conhecimento científico e a **“Produção de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (P08) ”** como uma forma de comunicar a construção de um conhecimento científico. Por isso foi alterada a redação dessa última PECE para **“Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento (C03) ”** e mudada para à **“Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Comunicação do conhecimento científico.**

A PECE de **“Construção de Explicação Científica (P09) ”** também foi deslocada para como pertencente à **“Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Comunicação do conhecimento científico**, vide que todos os trabalhos originais postulavam que as PE pertencentes ao agrupamento P9 pertenciam a essa **“Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral”**. Posto isso, essa PECE foi mesclada com a PECE de **“Comunicação Verbal de Explicação Científica (C03) ”** e redigida unicamente como **“Comunicação de Explicação Científica (C02) ”**.

A PECE de **“Comunicação Científica (C01) “** foi criada para abarcar a prática científica do NRC (2012) - *Comunicação de informações (NRC)* -, que se encontrava única neste agrupamento. Daí que, como essa pode ser considerada equivalente e contida pela **“Atividade Social ou Prática Epistêmica (PE) Geral” de Comunicação do conhecimento científico**, foi descartada.

Estas transformações culminaram na terceira lista (Lista 3) com as PE que serviram de referência inicial para a análise dos dados empíricos (relatórios dos estudantes após vivenciarem cada uma das atividades da SEI intitulada “*O Mundo Microscópico*”).

APÊNDICE M: Continuação do tópico 7.1 Análises dissertativas dos relatórios produzidos pelos estudantes após vivenciarem à Sequência de Ensino por Investigação (SEI) intitulada “O Mundo Microscópico” acerca do engajamento em PECEs

7.1.2 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade dois – “Aula 2 - Densidade X Flutuabilidade” (FASESP) e “Aula 2: “O Problema do Submarino”- (Colégio Brasília)

A Sequência de Ensino por Investigação (SEI) “*O Mundo Microscópico*”, em sua versão piloto, se encerrava com a investigação de replicação dos experimentos históricos de *Robert Hooke* (“*Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça*”) acerca da cortiça. Acontece que foi percebido, em análise não sistemática, que os Argumentos e Explicações produzidos como respostas as questões de investigação⁶³ eram frágeis conceitualmente. Em revisão bibliográfica da literatura foram encontrados artigos⁶⁴ que aprofundavam teoricamente acerca do quão complexo pode ser o conceito de densidade e seu ensino e aprendizagem. Por causa disso, ou seja, para dar subsídio teórico sobre densidade, e com isso melhorar os Argumentos e Explicações acerca do que levaria a cortiça a ter baixa densidade e flutuar tão bem, foram pensadas e desenvolvidas atividades investigativas acerca do assunto, para serem incorporadas a SEI.

A aula/atividade dois diferiu, por serem estudantes de idades/ciclos muito diferentes, entre a SEI elaborada para o Colégio Brasília e a Faculdade SESI de Educação (FASESP), respectivamente 7º ano EF-II e primeiro ano da graduação. Por questões de cronograma a aula/atividade dois – “*Aula 2 - Densidade X Flutuabilidade*”, elaborada como parte da SEI para a FASESP, não foi aplicada. Daí esta tese apresentar apenas análises da aula/atividade dois - “*Aula 2: “O Problema do Submarino”- do 7º do EF-II do Colégio Brasília.*

⁶³ Porque a cortiça flutua na água?; Por que a cortiça é tão leve? e Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

⁶⁴ Smith et al. (1992); Almunshari et al. (2016) e Niño et al. (2016).

7.1.2.1 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade dois - “Aula 2: “O Problema do Submarino”- do 7ºB do Colégio Brasília

Apresentação da análise dissertativa do relatório da aula/atividade um - “Aula 2: “O Problema do Submarino” – do 7ºB do Colégio Brasília. Tal relatório será tratado pelo código Rat2_CB_01 e encontra-se na íntegra no (ANEXO I).

Como explicado anteriormente no tópico 4.2 (A Construção da SEI), a segunda aula tem como intuito subsidiar os estudantes para a atividade investigativa da quarta aula - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça” -. A aula foi baseada em uma das atividades do projeto “Ensino de Ciências para o Ensino Fundamental, o Conhecimento Físico” do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP (LaPEF) (CARVALHO e GONÇALVES, 2000). Por não ser uma produção autoral desta tese, e ter essa intenção de subsidiar uma outra aula, não foi pedido aos estudantes que elaborassem relatórios, mas ainda assim alguns fizeram relatos escritos das aulas. Dessa forma consideramos que qualquer prática encontrada nesses relatos é, por essência, epistêmica, já que não foi pedido nenhum registro da atividade. Não havia comando escrita de atividade. Os registros não foram resposta a uma diretriz escolar, mas surgiram espontaneamente dos estudantes. Vale destacar que nenhum dos registros foi considerado um relatório [(evidência de engajamento na “**Produção de Relatório Científico (C01)** “]. Os motivos para não considerar os registros feitos pelos estudantes acerca dessa aula/atividade são apresentados mais adiante.

No Rat2_CB_01 são encontradas marcas das PECEs de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”, “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”, “**Construção de Modelos (P07)**”, “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”, “**Avaliação de Hipótese (A08)**” e “**Legitimação de Explicações (L01)**”.

Pode-se inferir que houve engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**” pois os estudantes se engajaram na atividade investigativa da aula. Atividade em que um aparato é usado como modelo de submarino para os estudantes investigarem o que faz o submarino subir e descer? (Gonçalves e Carvalho, 2000). A evidência do engajamento nessa PECE foi a produção, pelos estudantes, de um registro da investigação. Inclusive essa investigação foi capaz de subsidiar a construção de argumento (apresentado mais à frente) para a flutuabilidade dos submarinos diferente da hipótese inicial elaborada pelos próprios estudantes. Isso serve como uma evidência extra,

complementar a própria produção espontânea de uma comunicação, de que a investigação não foi apenas reflexo de uma comanda escolar, já que houve um engajamento epistêmico, evidenciado pela produção de conhecimento científico.

Transcrição, com supressão dos nomes dos estudantes, do registro/retrato inteiro identificado como Rat2_CB_01 abaixo.

Nome do Estudante 1, Nome do Estudante 2, Nome do Estudante 3, Nome do Estudante 4, Nome do Estudante 5 e Nome do Estudante 6

Hipóteses:

1ª Pela pressão de ar, uma hélice por baixo de submarino giraria em velocidade suficiente para sustentar o submarino na água.

Girando rápido e suficiente, fazendo o submarino emergir, desligando a hélice para que peso de metal em relação a água seja maior fazendo com que ele afunde.

Conclusão:

O submarino contém:

Cilindros de ar (dentro dele) fazendo ele boiar, e sugando o ar para ele o submarino afundar.

7^oB

Names dos estudantes integrantes do grupo

Hipóteses:

1ª Pela pressão de ar, uma hélice por baixo do submarino giraria em velocidade suficiente para sustentar o submarino na água.

Girando rápido e suficiente, fazendo o submarino emergir, desligando a hélice para que peso de metal em relação a água seja maior fazendo com que ele afunde.

Conclusão:

O submarino contém:

Cilindros de ar no submarino, soltam o ar (dentro dele), fazendo ele boiar, e sugando o ar para ele o submarino afundar.

Fonte: Registro/retrato do Rat2_CB_01 inteiro, mas com supressão dos nomes dos estudantes.

A PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**” é evidente no Rat2_CB_01, já que os estudantes assim nomeiam a mesma. E como dito anteriormente, consideramos que já que a produção do relato foi espontânea, e não o cumprimento de uma tarefa pedida, entendemos que o engajamento é epistêmico.

O que levou a consideração de que houve engajamento na PECE de “**Construção de Modelos (P07)**” no Rat2_CB_01 é o fato de que os estudantes não apresentam uma conclusão sobre o que faz o tubo de plástico com gesso dentro flutuar (usado como modelo de submarino na atividade experimental) (FIGURA 30), mas oferecem um motivo acerca do que faria submarinos emergirem e submergirem. Oferecem uma causa que não é voltada ao objeto específico, mas aos submarinos de forma geral.

Figura 29 - Aparato usado como modelo de submarino na aula/atividade dois - “Aula 2: “O Problema do Submarino” – do Colégio Brasília



Fonte: Elaborada pelo autor.

Não foi considerado haver evidência de engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C02)**” no Rat2_CB_01. Isso já que apesar de os estudantes terem produzido um relato da investigação, esse registro não foi considerado como um relatório científico.

A rubrica de verificação de engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C02)**”, presente na ferramenta de análise do engajamento em Práticas Epistêmicas Científico Escolares (PECEs) (capítulo 5.6) – diz que:

Produção de Relatório Científico (C01)

O(s) envolvido(s) produz(e)m relatório(s) científico(s) por escrito.

O relatório deve conter Introdução, Metodologia, Resultados e Discussão⁶⁵. Essas partes essenciais não precisam estar assim nomeadas, mas precisam estar presentes. Outras das partes canônicas (Introdução, Hipótese, Objetivo, Metodologia, Resultados, Análise/Interpretação, Conclusão e Referências) podem não estar presentes. Ou estarem incompletas ou misturadas. A intenção de relatar

⁶⁵ Gunther (2003) considera essas partes essenciais na consideração do que constitui um relato de investigação científica.

a investigação por escrito é mais importante que a exatidão no uso e composição de suas partes canônicas.

Os estudantes autores do Rat2_CB_01 registraram por escrito apenas seus nomes, suas hipóteses e sua conclusão. O registro não apresenta a questão/objetivo da investigação, não introduz o assunto, não apresenta a forma como a investigação foi conduzida (metodologia), não apresenta resultados e não discute os mesmos. E por não conter o que Gunther (2003) considera como partes essenciais foi entendido que não há elementos suficientes para considerar esse registro/relato como um relatório de investigação. O registro/relato inteiro do Rat2_CB_01 foi anteriormente apresentado.

A conclusão no Rat2_CB_01 pode também ser entendida como “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”, já que é a resposta a questão de investigação da aula/atividade dois - “*Aula 2: “O Problema do Submarino”*”. Sendo inclusive diferente da hipótese elaborada pelos estudantes, logo, pode-se inferir que houve produção de conhecimento, que para os estudantes é novo. Foi usado o método de Del-Corso e Trivelato (2017) e o trabalho de Meyer e El-Hani (2005) para interpretar se a conclusão no Rat2_CB_01 era um Argumento ou uma Explicação.

O primeiro elemento para inferir que se tratou de uma Explicação deriva do trabalho de Meyer e El-Hani (2005). Os autores associam questões do tipo “**Por quê/Como?**” à Explicações, e o professor aplicador da SEI perguntou aos estudantes “*Por que o submarino afunda ou flutua?* “. Outro elemento provém de a produção dos alunos (“*Conclusão*” do relato) parecer querer elucidar o mecanismo que produz o fenômeno de afundar e flutuar dos submarinos. Apresentar as relações causais de um fenômeno é considerado, tanto por Meyer e El-Hani (2005), como por Del-Corso e Trivelato (2017), relacionado a construção de Explicações. Vide o item dois do método de Del-Corso e Trivelato (2017) que diz que: -“*Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, relacionado a uma Explicação.*” -. Outro ponto de diferenciação do método, acerca de se tratar de uma Explicação, é que -“*Se o elemento [explanandum ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado à prova, trata-se do explanandum de uma Explicação.*”- e o fenômeno de submergir e emergir do submarino não está sendo colocado a prova, não está sobre contestação.

Por fim foi considerado haver engajamento dos estudantes na PECE de **“Legitimação de Explicações (L01)”** ao construir o Rat2_CB_01. Isso já que a conclusão apresentada para a questão problema da aula/atividade dois - *“Aula 2: “O Problema do Submarino”* difere da hipótese elaborada pelos próprios estudantes autores do relatório. Isso dá a entender que entre diferentes razões para a capacidade de emergir e submergir dos submarinos os estudantes legitimaram uma delas. No relatório em questão a razão trazida na hipótese se referia a possível presença de hélices que - *“Girando rápida e suficiente, fazendo o submarino emergir, desligando a hélice para que pese de metal em relação a água seja maior fazendo com que ele afunde.”*- e na conclusão é trazida, e entendemos que por isso mesmo legitimada, que - *“O submarino contém: Cilindros de ar (dentro dele) fazendo ele boiar, e sugando o ar para ele o submarino afundar.”*-.

7.1.3 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)” –

A aula/atividade três - *“Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)”* – foi aplicada tanto nos 7^{os} do EF-II (7^oA, 7^oB e 7^oC) do Colégio Brasília, como em diferentes anos da Faculdade SESI de Educação (turmas de 2017, 2018 e 2019). Primeiramente será apresentada a análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - *“Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)”* – do 7^oC do Colégio Brasília. Tal relatório será tratado pelo código Rat3_CB_01 e encontra-se na íntegra no (ANEXO I). Depois será apresentada a análise dissertativa aula/atividade três - *“Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)”* – da turma de 2019 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat3_FS19_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

7.1.3.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)” – do 7^oA do Colégio Brasília

Foi encontrada evidência, no Rat3_CB_01, de engajamento na PECE de **“Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)”**. O objetivo dessa aula/atividade, como apresentado na ficha comanda da atividade, era que os estudantes deveriam *“Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando*

para isso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama”. Acontece que os estudantes reformulam o objetivo, não se limitam a copiar o objetivo exatamente como ele se apresenta na ficha atividade, o que seria esperado caso estivessem apenas cumprindo uma tarefa escolar. A ficha atividade, além de trazer o objetivo da investigação, apresenta um texto sobre tecidos (têxteis) em que são fornecidas informações sobre a correlação positiva, nos tecidos de algodão, entre a quantidade de fios de um tecido e seu preço. A nova formulação do objetivo proposta pelos estudantes no relatório Rat3_CB_01 apresenta uma articulação de elementos do texto sobre tecidos (têxteis) e o objetivo da ficha atividade.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_01 abaixo.

2. Objetivo

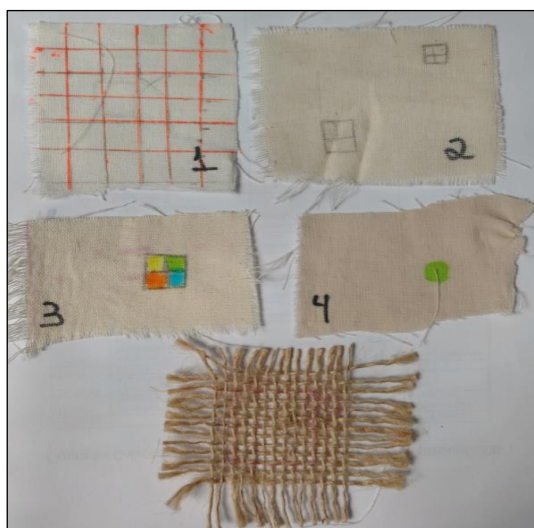
Saber qual é o mais barato e o mais caro, contando as linhas que seria o trama e o urdume.

2. Objetivo

Saber qual é o mais barato e o mais caro, contando as linhas que seria o trama e o urdume.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_01.

Figura 30 - Foto das amostras de tecido fornecidas para a investigação da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos (têxteis) ””, após os estudantes prepararem o Rat3_CB_01



Fonte: Elaborada pelo autor.

O engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” no relatório Rat3_CB_01 pode ser percebido na medida em que os estudantes explicitam, na metodologia, a maneira como fizeram a contagem da quantidade de fios que compunha cada uma das amostras de tecidos fornecidas para a atividade/investigação. Nessa terceira atividade - “Aula 3: “*Leeuwenhoeck e os tecidos*” (têxteis)” – não foram fornecidos aos estudantes os procedimentos para que procedessem a investigação. Dessa forma os estudantes foram obrigados a planejar como fariam a contagem dos fios, e esse planejamento fica evidente na redação da metodologia. Outra marca do engajamento nessa PECE é a redação da metodologia em primeira pessoa do plural. Isso pode ser considerada evidência de engajamento, já que dá a entender que os estudantes discutiram entre si como proceder, ou seja, planejaram a estratégia para a investigação.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_01 abaixo.

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

Para descobrir fizemos em todos os tecidos um quadrado com caixinha de meio centímetro quadrado, e contamos o quanto de fio que continha nele. Depois pegamos a quantidade de fio, e multiplicamos por dois.

Utilizamos de material régua, marca texto, lupa, microscópio e caixinha.

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

Para descobrir fizemos em todos os tecidos um quadrado com caixinha de meio centímetro quadrado, e contamos o quanto de fio que continha nele. Depois pegamos a quantidade de fio, e multiplicamos por dois.

Utilizamos de material régua, marca texto, lupa, microscópio e caixinha.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_01.

As ações realizadas para a obtenção dos dados, no caso quantidade de fios das tramas e urdumes de cada amostra de tecido fornecida, são consideradas evidências de engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”. Os estudantes apresentam no Rat3_CB_01 esses dados na forma de uma tabela. A apresentação desses dados é também evidência do engajamento na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”. Os estudantes executaram a contagem da quantidade de fios das tramas e urdumes.

Quando se trata da atividade investigativa três - “Aula 3: “*Leeuwenhoeck e os tecidos*” (têxteis) ” –, para a qual não é fornecida pelo professor uma metodologia por meio da qual os estudantes poderiam contar a quantidade de fios, pode ser considerado que a menção à observação das amostras de tecidos no microscópio já constitui evidência de engajamento na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”. Isso já que, observações empíricas direcionadas por uma questão de investigação são, pela rubrica da PECE em questão (P04), evidência de engajamento. Isso desde que não haja uma metodologia prescrita determinando que os estudantes observem ao microscópio. Porque se a observação estiver prescrita ela pode ter sido feita apenas como cumprimento de uma tarefa escolar, e não como reflexo de um engajamento científico escolar.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_01 abaixo.

4. Resultados			
Tecido	Trama	Urdume	Total
1	18	22	40
2	14	11	25
3	18	12	30
4	32	32	64
5	3	4	7

4. Resultados			
Tecido	Trama	Urdume	Total
1	18	22	40
2	14	11	25
3	18	12	30
4	32	32	64
5	3	4	7

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_01.

A marca do engajamento na PECE de “**Construção de Evidências (P05)**” se dá não em uma parte isolada do relatório, mas na articulação entre os dados apresentados na tabela e a conclusão elaborada pelos estudantes. Quando os dados apresentados na tabela são usados para obtenção da resposta à investigação, deve-se considerar que houve o engajamento na transformação dos mesmos em evidências.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_01 abaixo.

5. Discussão ou Análise e Conclusão

A conclusão que chegamos, é que esta é a ordem de mais cara ao mais barato: 4, 1, 3, 2, 5. Pois os mais caros possuem mais fios.

5. Discussão ou Análise e Conclusão

A conclusão que chegamos, é que esta é a ordem de mais caras ao mais barato: 4, 1, 3, 2, 5. Pois os mais caros possuem mais fios.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_01.

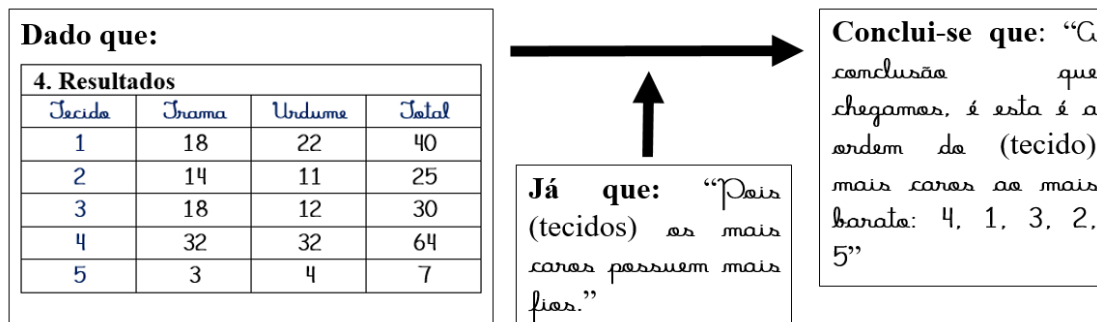
O Rat3_CB_01 não apresenta marcas de engajamento na PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”. Apesar da ficha de atividade pedir para que os estudantes elaborem hipóteses os estudantes autores do Rat3_CB_01 não o fazem. Não há também em nenhum outro momento do relatório menção a formulação de hipóteses.

Não há elementos que permitam afirmar que houve, no Rat3_CB_01, engajamento na PECE de “**Construção de Modelos (P07)**”.

O engajamento no Rat3_CB_01 na “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**”, “**Construção de Evidências (P05)**”, “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” e “**Execução de Investigação Científica (P03)**”, entre outras PECEs, serve de evidência de que a comunicação científica através da produção de um relatório científico foi autêntica e não reflexo do cumprimento de uma tarefa escolar. Ou seja, houve engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”.

Há evidência, no Rat3_CB_01, do engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**”. O argumento produzido pelos estudantes vem a seguir, já estruturado segundo a estrutura do layout de argumento de Toulmin (TAP - *Toulmin's Argument Pattern*) (2006):

Figura 31 - Conclusão formulada pelos estudantes no relatório Rat3_CB_01 reestruturada segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Entendemos que se trata de um Argumento e não uma Explicação, já que a intenção da assertiva é convencer que a ordem de valor das amostras de tecido é a apresentada, e a intenção de convencer, de acordo com nova metodologia (QUADRO 23), é indicativo de que se trata de um Argumento. Em uma Explicação a intenção é deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, e isso não está ocorrendo em relação a essa assertiva. Meyer e El-Hani (2005) afirmam que as perguntas do tipo “**O quê/Quais**” não almejam obter como respostas Explicações, mas sim descrições sobre as características de comportamentos e estruturas. E é exatamente isso que se observa. Os alunos estão querendo descrever, quantitativamente, as características dos tecidos. As questões do tipo “**O quê/Quais**” tenderiam a produzir Argumentos. De acordo com o novo método – “*Nos Argumentos: a Conclusão (C) é menos plausível que os elementos que levam a ela. Logo, se as premissas forem mais plausíveis, mais certas que a conclusão (Conclusão C), trata-se de um Argumento.*” -. Em uma Explicação a relação de plausibilidade se inverte. Acontece que a quantidade de fios que compõe cada uma das amostras de tecidos foi calculada através de observações empíricas e por métodos próprios e por isso estão mais suscetíveis a erros. Dessa forma são mais contestáveis, menos plausíveis, que a ordenação dos tecidos por quantidade de fios (*Conclusão C*), que deriva da articulação entre os dados e a premissa de que quanto mais fios um tecido apresentar mais caro ele é (*Justificativa J*).

Não há evidência, no Rat3_CB_01, de engajamento em nenhuma das PECEs relacionadas a “**Avaliação do Conhecimento Científico**”. Um exemplo de engajamento em PECEs relacionadas à “**Avaliação do Conhecimento Científico**” em um relatório produzido como resultado da aula/atividade três - “**Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos”**”

(*têxteis*) ” – pode ser observado no Rat3_CB_19. No caso são encontradas evidências de engajamento nas PECEs de “**Avaliação dos Dados/informações (A01)** ” e “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)** ”. O trecho do Rat3_CB_19 que permite afirmar isso é:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_CB_19 abaixo.

5. Discussão ou Análise e Conclusão

(...)

Com o tecido 4 e 2 nós não conseguimos ter certeza, os tecidos 1 e 3 e a juta nós conseguimos contar com o microscópio

5. Discussão ou Análise e Conclusão

A nossa conclusão foi o tecido 4 - tecido 5 - tecido 6 - tecido 7 - juta
(do mais com mais a mais fios)
Como o tecido 4 e 2 nós não conseguimos ter certeza, os tecidos 1 e 3 e a juta
nós conseguimos contar com o microscópio

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_CB_19.

No trecho acima, do Rat3_CB_19, os estudantes estão avaliando os Dados (D) que serviram para embasar sua Conclusão (C). Colocam *sub judice* se a quantidade de fios obtida para os tecidos 4 e 2 estão corretas. Logo se engajaram na PECE de “**Avaliação dos Dados/informações (A01)** ”. Esse trecho não foi considerado marca de engajamento na PECE de “**Avaliação das Evidências (A02)** ” já que a transformação dos dados em evidência se deu, no Rat3_CB_19, quando os estudantes classificaram os tecidos em ordem pela quantidade de fios, e não é essa classificação que está sendo colocada à prova, mas sim a quantidade de fios dos tecidos 4 e 2.

Ainda em relação ao Rat3_CB_19, há indício do engajamento na PECE de “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)** ”. Isso ocorre quando os estudantes afirmam que conseguiram contar com o microscópio a quantidade de fios dos tecidos 1 a 3 e da juta, mas não tem certeza da contagem efetuada para os tecidos 4 e 2. Ou seja, os estudantes estão avaliando a eficácia do procedimento de contagem dos fios, estão avaliando a metodologia utilizada para explorar a questão de investigação.

Voltando ao Rat3_CB_01. Em relação a “**Legitimação do Conhecimento Científico**”, há indícios, nesse relatório de engajamento nas PECEs de “**Legitimação de Conhecimentos (argumento) (L02)**” e “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

A afirmação de que –“ *A conclusão que chegamos, é que esta é a ordem de mais cara ao mais barato: 4, 1, 3, 2, 5. Pois os mais caros possuem mais fios.* ”- funciona como evidência de engajamento na PECE de “**Legitimação de Conhecimentos (argumento) (L02)**”. Os estudantes tinham diferentes possibilidades de resposta e chegaram à conclusão de que esta é a resposta correta, ou seja, legitimaram sua conclusão.

Em relação ao engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”, deve ser considerado que no Rat3_CB_01 não foi prescrita uma metodologia completa para responder ao objetivo da investigação, as diretrizes diziam apenas que a quantidade de fios que compunha cada tecido (têxtil) deveria ser contada, mas nada havia sobre como fazê-lo. Dessa forma entendemos que, quando os estudantes planejam e executam um procedimento, dentre diversos possíveis, para contar a quantidade de fios dos tecidos, e usam os resultados desse procedimento para responder à questão da investigação, os estudantes estão legitimando seu próprio procedimento.

7.1.3.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)” – da turma de 2019 da FASESP

Apresentação da análise dissertativa do relatório da aula/atividade três - “Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)” – da turma de 2019 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat3_FS19_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

Não foi encontrada evidência, no Rat3_FS19_01, de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”. É importante pontuar que os estudantes reformulam a redação do objetivo da investigação, mas ainda assim não foi considerado que houve engajamento na PECE em questão. Isso já que, apesar de haverem reformulado a redação, o propósito é o mesmo, logo não se trata da Proposição/Seleção de um Problema Científico por parte dos estudantes.

Na ficha usada na FASESP (APÊNDICE D) o propósito da investigação é redigido como: “*Seu objetivo é classificar os diferentes tecidos de acordo com sua qualidade, ou seja, com a quantidade de fios*”. Já no relatório os estudantes afirmam que:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.

Objetivo:
" Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando para isso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama"

Objetivo:
" Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando para isso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama"

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

No relatório Rat3_FS19_01 os estudantes não explicitam claramente como procederam a contagem da quantidade de fios de cada uma das amostras de tecido. Eles afirmam apenas que –“3^a Passo: Contar quantos quadradinhos tem por polegada, em cada tecido.”-. Por causa disso não foi considerado haver evidência de engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” no relatório Rat3_FS19_01. Isso mesmo levando em conta que a comanda da atividade dessa aula (- “*Aula 3: “Leeuwenhoek e os tecidos” (têxteis)*” -) (APÊNDICE D) não fornecia aos estudantes a metodologia a ser empregada. Pode ser que os estudantes tenham se engajado epistemicamente em planejar como procederiam para contar a quantidade de fios dos tecidos, mas pode ser que eles o fizeram sem planejamento prévio. A aplicação da SEI na FASESP no ano de 2019 não foi áudio-vídeo gravada, e foi feita a opção de, na falta de evidências nos relatórios escritos, não considerar que houve engajamento em uma PECE.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.

Materiais e métodos:
1^a Passo: Introduzir o texto, para melhor compreensão.
2^a Passo: Observar os diferentes tecidos, a olho, com o auxílio da lupa, ou auxílio de microscópio.
3^a Passo: Contar quantos quadradinhos tem por polegada, em cada tecido.
4^a Passo: Finalizar os resultados obtidos.

Materiais e métodos:

1º passo: Introduzir o texto, para melhor compreensão.

2º passo: Observar os diferentes tecidos, a olho, com o auxílio da lupa, e com o auxílio do microscópio.

3º passo: Contar quantos quadrados inteiros tem por quadrado, em cada tecido.

4º passo: Analisar os resultados obtidos.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

Foi considerado que houve engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” no relatório Rat3_FS19_02. Assim como aconteceu no Colégio Brasília, na FASESP, para a terceira atividade - “*Aula 3: “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)*” –, a comanda da atividade não fornecia aos estudantes a forma/maneira para que desenvolvessem a investigação. Já que a comanda da aula/atividade não prescrevia a metodologia, os estudantes tiveram que planejar seus próprios procedimentos para contar a quantidade de fios de cada amostra de tecido têxtil. A redação no relatório, de como foram esses procedimentos, é que foi tomada como evidência de engajamento na PECE em questão.

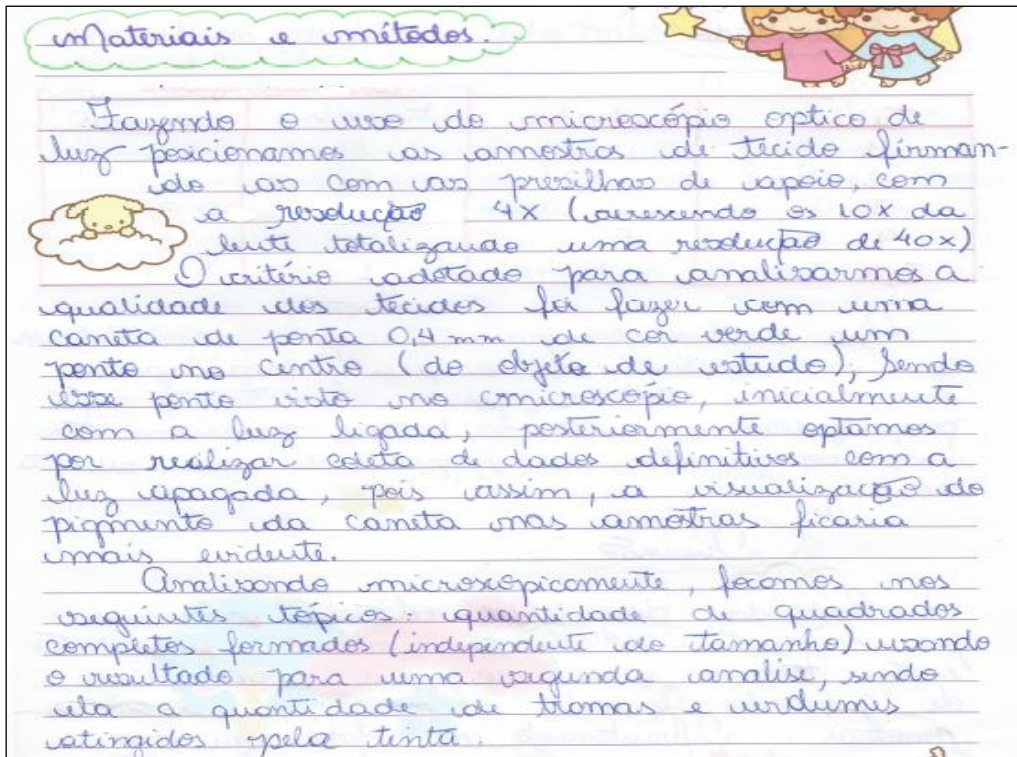
Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_02 abaixo.

Materiais e métodos:

Fazendo o uso da microscopia óptica de luz posicionamos as amostras de tecido firmando-as com as presilhas de apoio, com a resolução 4x (acrescentando as 10x da lente totalizando uma resolução de 40x)

O critério adotado para analisarmos a qualidade dos tecidos foi fazer com uma caneta de ponta 0,4mm de cor verde um ponto no centro (do objeto de estudo); sendo esse ponto visto no microscópio, inicialmente com a luz ligada, posteriormente optamos por realizar coleta de dados definitiva com a luz apagada, pois assim, a visualização de pigmento da caneta nas amostras ficaria mais evidente.

Com a análise microscópica, focamos nos seguintes tópicos: quantidade de quadrados completos formados (independente do tamanho) usando o resultado para uma segunda análise, sendo ela a quantidade de tramas e urdumes atingidas pela tinta.



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_02.

Em relação a PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**“, no Rat3_FS19_01, a apresentação dos resultados com as quantidades de fios de cada amostra de tecido, e o uso desses dados para responder à questão de investigação, serviram de evidência de engajamento para a PECE em questão.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.

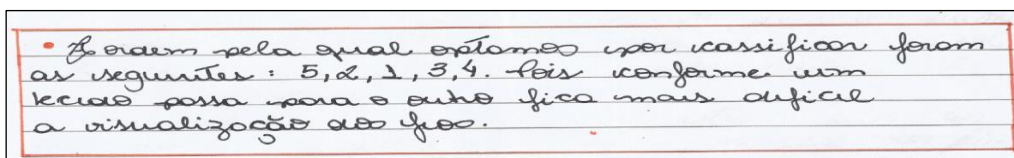
	Numero	numero	Polegada ²
	Horizontal	Vertical	
Tecido 1	58	56	114
Tecido 2	34	29	63
Tecido 3	39	41	80
Tecido 4	64	66	120
Tecido 5	8	9	17

	NUMERO HORIZONTAL	NUMERO VERTICAL	POLEGADA ²
Tecido 1	58	56	114
Tecido 2	34	29	63
Tecido 3	39	41	80
Tecido 4	64	66	120
Tecido 5	8	9	17

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.

- A ordem pela qual optamos por classificar foram as seguintes: 5,2,1,3,4. Pois conforme um tecido passa para o outro fica mais difícil a visualização dos fios.



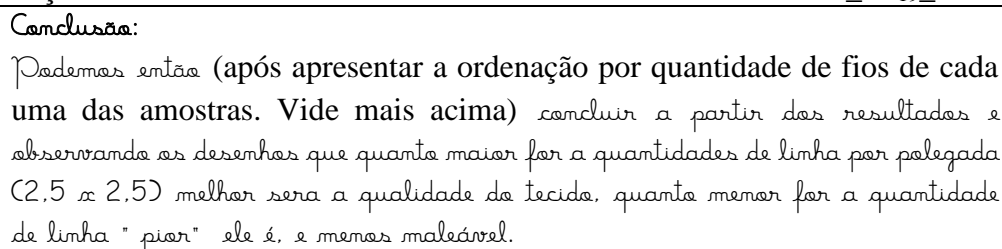
• A ordem pela qual optamos por classificar foram as seguintes: 5,2,1,3,4. Pois conforme um tecido passa para o outro fica mais difícil a visualização dos fios.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

O Rat3_FS19_01 apresenta evidências de engajamento dos estudantes nas PECEs de “**Construção de Dados (P04)**” e “**Construção de Evidências (P05)**“. Os Dados e Evidências acerca de quantos fios compunham cada uma das amostras de tecidos fornecidas foram apresentados na forma de uma tabela (vide acima). A interpretação feita foi que a quantidade de fios dos urdumes e das tramas de cada tecido constituem Dados, e sua apresentação então evidência de engajamento na PECE P04. Já a quantidade de fios por polegada quadrada de cada tecido deve ser considerada Evidência de engajamento na PECE P05, na medida em que é usada para responder à questão de investigação (vide ordenação por quantidade de fios das amostras de tecido acima apresentada). Como apresentado no início desse capítulo, evidências transcorrem da transformação de um conjunto de dados no sentido de resolver um questionamento.

O Rat3_FS19_01 apresenta uma hipótese – “~~Hipótese~~: Quanto mais maleável o tecido, é mais macio, e ao olhar é quase impossível de contar os fios”-. Essa hipótese acerca da relação entre a maleabilidade dos tecidos (têxteis) e a quantidade de fios que os compõem foi considerada evidência de engajamento na PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”. O entendimento de que a hipótese elaborada não foi resultado apenas de uma comando escolar, mas reflete um engajamento epistêmico, decorre da retomada da mesma na conclusão do Rat3_FS19_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.



Conclusão:
Podemos então (após apresentar a ordenação por quantidade de fios de cada uma das amostras. Vide mais acima) concluir a partir dos resultados e observando os desenhos que quanto maior for a quantidades de linha por polegada (2,5 x 2,5) melhor sera a qualidade do tecido, quanto menor for a quantidade de linha " pior" ele é, e menos maleável.

Conclusão

Podemos então concluir a partir dos resultados e observando os desenhos que quanto maior for a quantidade de linha por polegada (2,5 x 2,5) melhor será a qualidade do tecido, quanto menor for a quantidade de linha "por" ele é, e menos maleável.

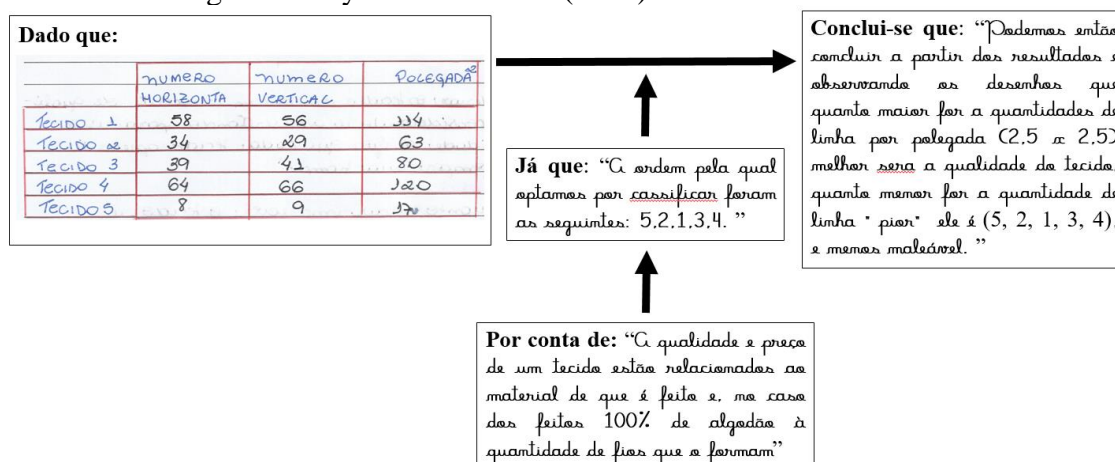
Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

Não foi encontrado evidência de engajamento na PECE de “**Construção e/ou uso de Modelos (P07)**” no Rat3_FS19_01.

Foi considerado que os estudantes se engajaram epistemicamente na produção do Rat3_FS19_01, já que houvera marcas de engajamento em diversas PECEs. Logo a PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**” foi considerada presente.

Não foi encontrada evidência de engajamento na PECE de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**” no Rat3_FS19_01. Em compensação foi encontrado evidência de engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento (C03)**”. O Argumento produzido pelos estudantes vem a seguir, já estruturado segundo a estrutura do layout de argumento de Toulmin (TAP - *Toulmin's Argument Pattern*) (2006):

Figura 32 - Argumento formulado pelos estudantes no relatório Rat3_FS19_01 reestruturado segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

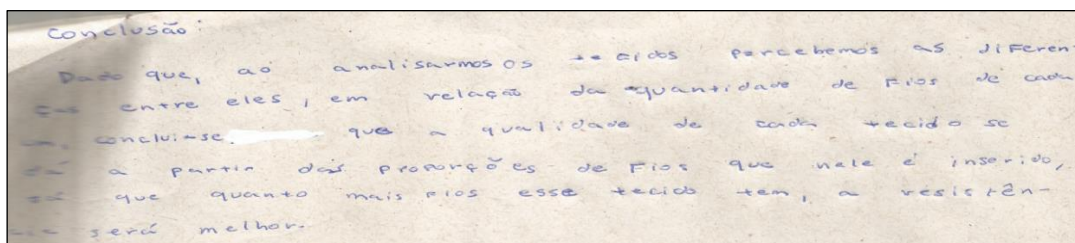
A desambiguação, que permite afirmar que os trechos acima podem ser articulados na formação de um Argumento e não uma Explicação, foi feita usando-se o novo método (QUADRO 23). A intenção da assertiva toda é convencer que, entre os tecidos fornecidos, a ordem de qualidade do pior ao melhor é $5 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4$. Essa ordem é estabelecida porque reflete a quantidade de fios que compõem cada tecido, obtida empiricamente, e a quantidade de fios se relaciona, de acordo com o texto fornecido pelo professor na comanda da atividade, positivamente com a qualidade dos tecidos. A intensão de convencer, segundo Del-Corso e Trivelato (2017), se relaciona a Argumentos. Caso a assertiva estivesse explicando o porquê de tecidos formados por mais fios serem de melhor qualidade tratar-se-ia de uma Explicação.

Outro ponto de desambiguação se refere a relação de plausibilidade entre os elementos constituintes de Argumentos e Explicações. Quando se tratam de Argumentos os elementos, Dados (D), Apoios (A) e Garantias (G) são mais plausíveis que a Conclusão (C) obtida deles. Sendo isso que acontece com os trechos do Rat3_FS19_01 usados para compor a assertiva. Vale apenas apontar que os estudantes cometem equívoco na interpretação dos próprios dados, já que o tecido três (3) foi por eles considerado melhor que o tecido um (1), mas segundo a contagem por eles feita o tecido três (3) apresenta 80 fios por polegada quadrada e o tecido um (1) apresenta 114.

A existência de um Argumento não impossibilita a presença de uma Explicação. Veja o caso do Rat3_FS19_03 que apresenta tanto um Argumento como uma Explicação. O Argumento é semelhante ao encontrado no Rat3_FS19_03, tendo sido considerado que houve engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumento (C03)**”. Mas nesse relatório foi ponderado haver, também, indícios de engajamento na PECE de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”. No relatório em questão os estudantes tentam explicar a razão pela qual tecidos feitos com maior quantidade de fios seriam melhores. E de acordo com Del-Corso e Trivelato (2017) – “*Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, relacionado a uma Explicação*”-.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_03 abaixo.

Conclusão:
(...) a qualidade de cada tecido se dá a partir das proporções de fios que nele é inserido (*explanandum*), já que quanto mais fios esse tecido tem, a resistência será melhor. (*explanans*).



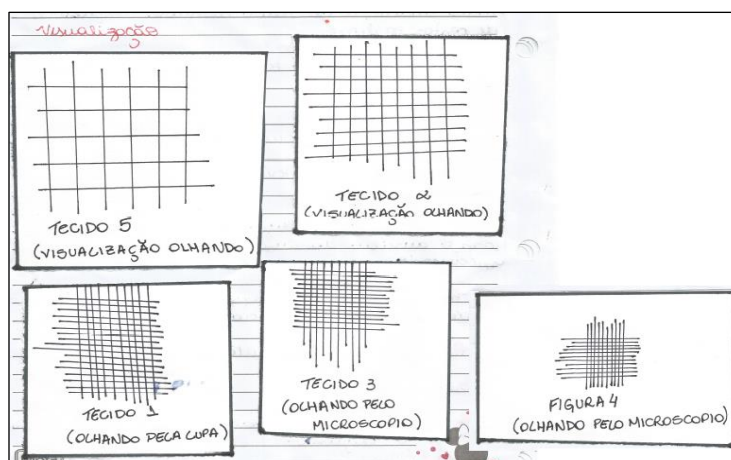
Conclusão:
Dado que, ao analisarmos os tecidos percebemos as diferenças entre eles, em relação da quantidade de fios de cada um, conclui-se que a qualidade de cada tecido se dá a partir das proporções de fios que nele é inserido, já que quanto mais fios esse tecido tem, a resistência será melhor.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_03.

Outro aspecto que levou a considerar o trecho selecionado do Rat3_FS19_03 como Explicação é a relação de plausibilidade entre os elementos constituintes da Explicação (*explanandum* e *explanans*). No caso o *explanandum*, que constitui o fenômeno a ser explicado, é mais plausível que o elemento trazido como causa (*explanans*).

A tabela com as quantidades de fios que compõem cada uma das amostras de tecido, e os desenhos dessas amostras, presentes no Rat3_FS19_01, foram consideradas evidências de engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)** “. Isso já que tanto tabela como desenhos foram usados para compor a resposta a questão da investigação.

Figura 33 - Desenhos, feitos pelos estudantes no Rat3_CB_01, das amostras de tecido fornecidas para a investigação da aula/atividade três - “Aula 3: “*Leeuwenhoeck e os tecidos (têxteis)*”



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

A rubrica de identificação da PECE de “**Descrição (C05)**” diz que: –“ O(s) envolvido(s) *descrevem as características, configurações espaciais de um evento ou objeto. (...)*”-. Daí que como tecidos têxteis são compostos por fios entrelaçados, a apresentação das quantidades de fios que compõe os tecidos foi considerada evidência de engajamento na PECE em questão. Apenas para relatórios que não apresentaram as quantidades de fios componentes das amostras de tecido é que foi considerado não ter havido engajamento na PECE de “**Descrição (C05)**”.

Não foram encontradas, no Rat3_FS19_01, evidências de engajamento nas PECEs de “**Exemplificação (C06)**”, “**Avaliação dos Dados/informações (A01)**”, “**Avaliação das Evidências (A02)**”, “**Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)**”, “**Argumentação (A04)**”, “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**”, “**Avaliação de Modelo (A07)**” e “**Avaliação de Hipótese (A08)**”.

A evidência de engajamento na PECE de “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**” encontra-se no trecho do Rat3_FS19_01 trazido a seguir. Esse trecho se encontra no final do tópico de resultados do Rat3_FS19_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_03 abaixo.

A partir da tabela e dos desenhos apresentados podemos verificar os tamanhos dos quadradinhos e quantos quadradinhos há por polegada quadrada

A partir da Tabela e dos desenhos apresentados podemos verificar os tamanhos dos quadradinhos e quantos quadradinhos há por polegada quadrada.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

Para considerar este trecho evidência de engajamento na PECE A06 é necessário retomar a descrição da metodologia feita pelos estudantes no Rat3_FS19_01 (vide abaixo o recorte do trecho relacionado). Foi entendido que o trecho acima está avaliando e também legitimando a metodologia adotada e descrita no relatório. Ou seja, o trecho acima também serve de evidência do engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat3_FS19_01 abaixo.

Materiais e métodos:

2ª Passo: Observar os diferentes tecidos, a olho, com o auxílio da lupa, ou auxílio de microscópio.

3ª Passo: Contar quantos quadradinhos tem por polegada, em cada tecido.

materiais e métodos:

2ª passo: Observar os diferentes tecidos, a olho, com o auxílio da lupa, ou auxílio de microscópio.

3ª passo: Contar quantos quadradinhos tem por polegada, em cada tecido

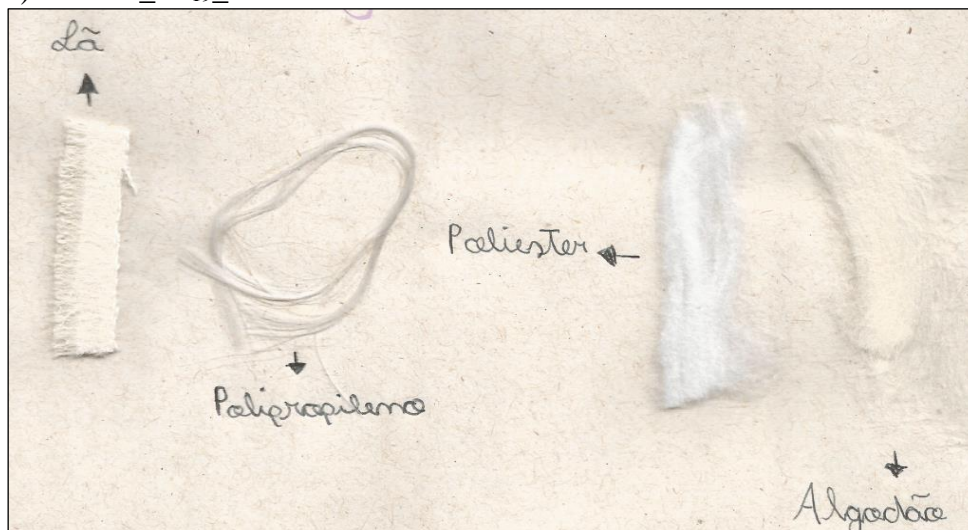
Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_01.

Por fim, foi considerado que houve engajamento dos estudantes na PECE de “**Legitimação de Conhecimentos (argumento) (L02)**” no Rat3_FS19_01 quando na investigação da aula/atividade três - “**Aula 3: “Leeuwenhoek e os tecidos” (têxteis)**” – . O conhecimento produzido se refere a quantidade de fios que compõem cada uma das amostras de tecidos fornecidas e a relação entre quantidade de fios e qualidade de tecidos. A articulação de trechos do relatório Rat3_FS19_01 como um Argumento evidencia a comunicação deste conhecimento. Foi considerado que quando se trata de produções escritas de relatórios de investigação, a presença de um Argumento epistemicamente construído serve de inferência de engajamento na PECE L02.

Evidência de engajamento na PECE de “**Exemplificação (C06)**” foi encontrada apenas em um relatório, o Rat3_FS19_03. Como o relatório onde essa PECE foi encontrada foi produzido por estudantes da FASESP após vivenciarem a aula/atividade três - “**Aula 3: “Leeuwenhoek e os tecidos” (têxteis)**” – foi decidido trazer aqui a análise mais descritiva da evidência do engajamento na PECE em questão.

No Rat3_FS19_03 a evidência de engajamento na PECE de “**Exemplificação (C06)**” é encontrada na capa do relatório. Os estudantes colaram exemplos de diferentes materiais usados para fazer fios de tecidos, exemplificando esses materiais.

Figura 34 - Exemplos colados de diferentes materiais usados para fazer fios de tecidos (têxteis) no Rat3_FS19_03.



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat3_FS19_03.

7.1.4 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”

A aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- foi aplicada tanto nos 7^{os} do EF-II (7^oA, 7^oB e 7^oC) do Colégio Brasília, como em diferentes anos da Faculdade SESI de Educação (turmas de 2017, 2018 e 2019). Primeiramente será apresentada a análise dissertativa do relatório da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- do 7^aA do Colégio Brasília. Tal relatório será tratado pelo código Rat4_CB_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I). Depois será apresentada a análise dissertativa aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- da turma de 2019 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat4_FS19_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

7.1.4.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- do 7^aA do Colégio Brasília

Não há marca, no Rat4_CB_01, de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”. As questões de investigação são apresentadas, mas são cópias exatas de como se encontram na ficha de atividade da aula (APÊNDICE H). Em assim sendo, não se pode conferir o status de que houve um engajamento na proposição do problema científico.

Há indício, no Rat4_CB_01, de engajamento na PECE de “Planejamento de Investigação Científica (P02)”. A ficha da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça” – não contém nenhuma diretriz sobre como proceder a investigação, daí esta aula/investigação ter sido classificada como tendo nível de investigação três (3) – “Investigação Orientada”. Por não haver diretrizes sobre como performar a investigação pode-se inferir que os estudantes se engajaram no seu planejamento. Acontece que os estudantes receberam beckers e pedaços de cenoura e rolhas de cortiça, sendo então instruídos a elaborar hipóteses antes de performar qualquer ação investigativa. Depois receberam lâminas com cortes de cortiça (*Quercus suber*) e foram produzidas e disponibilizadas lâminas de corte de cenoura. Havia microscópios nas bancadas. Pode ser entendido que o fornecimento desses materiais foi, de alguma forma, diretivo, e induziu os procedimentos de investigação. As marcas encontradas no Rat4_CB_01 devem, então, ser consideradas indícios e não evidências de que houve engajamento na PECE de “Planejamento de Investigação Científica (P02)”⁶⁶.

Os estudantes trazem, na metodologia do Rat4_CB_01, que:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_CB_01 abaixo.

4. Metodologia ou Materiais e Métodos

Para observar se Beirava ou afundava, utilizamos o Becker com água e Colocamos a cenoura e a cortiça dentro. Utilizamos a lamina com cenoura e a cortiça (para cortar a cenoura usamos o micrótomo.)

A observação foi feita com o microscópio óptico, chegando a conclusão.

4. Metodologia ou Materiais e Métodos

Contar aqui como o experimento de flutuabilidade e a investigação usando o microscópio foram feitos.

Para observar se Beirava ou afundava, utilizamos o Becker com água e Colocamos a cenoura e a cortiça dentro. Utilizamos a lamina com cenoura e a cortiça (Para cortar a cenoura usamos o micrótomo.) A observação foi feita com o microscópio óptico, chegando a conclusão.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_CB_01.

⁶⁶ Indício indica algo que pode ser, mas que não indubitavelmente o seja. Já uma evidência seria algo de constatação mais certa, mais garantida. Um indício não garante uma assertiva, mas pode justificar uma crença nela, ou seja, indica uma grande probabilidade da assertiva ser verdadeira. Todavia, carrega um grau de provisoriedade maior, sendo passível de modificação assim que outros indícios e/ou evidências mostrem sua inadequação.

Este trecho isoladamente poderia ser entendido apenas como o cumprimento da tarefa de descrever a metodologia, e não indício de que houve planejamento da mesma. O que leva a crer que houve planejamento é a articulação desse trecho com as hipóteses e a conclusão escritas pelos estudantes. As hipóteses afirmam que a fluabilidade se deve a permeabilidade à água, que alteraria o peso dos vegetais, cortiça sendo impermeável e cenoura permeável. Mas no tópico de discussão do relatório os estudantes afirmam que não puderam verificar como o ar entrou na cortiça e não a água. Isso pode ser considerado indício de que planejaram investigar, na estrutura microscópica, como se configurava a permeabilidade dos vegetais em estudo. Ter falhado em obter uma resposta não significa que não planejaram investigar este aspecto.

Os estudantes trazem, nas hipóteses do Rat4_CB_01, que:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_CB_01 abaixo.

3. Hipóteses	
Material	Hipótese (Afunda ou Flutua? e Por que?)
Cenoura	Vai afundar, porque ela é mais pesada que a água e pode entrar água dentro dela.
Cortiça	Vai boiar, porque ela é mais leve do que a água e não pode entrar a água dentro dela.

3. Hipóteses	
Material	Hipótese (Afunda ou Flutua? e Por que?)
Cenoura	Vai afundar, porque ela é mais pesada que a água e pode entrar água dentro dela.
Cortiça	Vai boiar, porque ela é mais leve do que a água e não pode entrar a água dentro dela.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_CB_01.

Os estudantes trazem, no tópico de Discussão ou Análise e Conclusão do Rat4_CB_01, que:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_CB_01 abaixo.

6. Discussão ou Análise e Conclusão
<p>A cortiça flutua, porque ela é leve, e não há nenhuma forma para penetrar água, já a cenoura afunda porque ela é mais pesada e tem como penetrar água por sua casca.</p> <p>A cortiça é leve pois o ar consegue penetrar na casca, sendo uma parte ar.</p>

É possível comprimir e depois ela volta ao seu formato normal, pois com parte dela sendo ar fica mais fácil dela ser apertada e aos poucos vai voltando ao formato normal. Nossa hipótese não estava totalmente errada, mas faltava informações, como que o ar consegue penetrar na cortiça deixando-a mais leve.

6. Discussão ou Análise e Conclusão

Aqui vocês precisam responder as três questões do Hooke, achar alguma coisa na estrutura microscópica da cortiça e da cenoura que explique ou sirva de argumento. Vocês precisam também dizer se a hipótese de vocês estava certa ou não e porquê.

A cortiça flutua, porque ela é leve, e não há nenhuma forma para penetrar água, já a cenoura afunda porque ela é mais pesada e tem como penetrar água por sua casca.

A cortiça é leve pois o ar consegue penetrar na casca, sendo uma parte ar. É possível comprimir e depois ela volta ao seu formato normal, pois com parte dela sendo ar fica mais fácil dela ser apertada e aos poucos vai voltando ao formato normal.

Nossa hipótese não estava totalmente errada, mas faltava informações, como que o ar consegue penetrar na cortiça deixando-a mais leve.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_CB_01.

Pode ser considerado que houve engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”. Isso pode ser percebido quando os estudantes elaboram hipóteses, discorrem sobre como procederam, retomam essas hipóteses, compõem uma conclusão e avaliam os próprios procedimentos. Em uma investigação em que os estudantes estivessem “apenas” cumprindo tarefas, não seria esperado esses movimentos de retomada e avaliação de hipóteses e procedimentos. A garantia de autenticidade da execução da investigação reside na articulação de diferentes partes do Rat4_CB_01.

As evidências de que os estudantes se engajaram na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”, podem ser encontradas nas afirmações dos estudantes de que, -“A cortiça flutua (...)”-, -“(…) já a cenoura afunda”- e -“É possível comprimir (a cortiça) e depois ela volta ao seu formato normal (...)”-. Todos dados coletados empiricamente.

Não podem ser encontrados evidências ou indícios, no Rat4_CB_01, de engajamento na PECE de “**Construção de Evidências (P05)**”. Os estudantes constroem dados, cenoura afunda e cortiça é elástica e flutua. Mas esses dados não são transformados em evidências. A observação das estruturas microscópicas dos vegetais quando desenhadas poderiam ter sido utilizadas como dados. Dados esses que poderiam ser transformados em evidências. Acontece que não há nada no relatório indicando que isso aconteceu. Apesar de haver desenhos das microestruturas, e considerações de que a fluutuabilidade e elasticidade se relacionariam com a permeabilidade dos vegetais ao ar e à água, as observações das microestruturas não foram transformadas em evidências para compor argumentos ou explicações.

O Rat4_CB_01 apresenta evidência de engajamento na PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”. A consideração de que a elaboração das hipóteses não foi apenas reflexo de uma tarefa escolar se deve a retomada das mesmas na discussão do relatório. Caso os estudantes estivessem simplesmente cumprindo uma tarefa escolar, as hipóteses não seriam retomadas. É o que acontece, por exemplo, com os desenhos apresentados no Rat4_CB_01. Esses desenhos fazem parte dos relatórios, mas não há nenhuma referência a eles em parte alguma do relatório, os desenhos não são usados na investigação, logo foram produzidos apenas como resposta a uma exigência da atividade escolar.

Não há marcas, no Rat4_CB_01, de engajamento nas PECEs de “**Construção de Modelos (P07)**”.

O Rat4_CB_01 apresenta evidências de engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. O engajamento nessa PECE foi considerado autêntico pelo conjunto do relatório, e garantido pela autenticidade das outras PECEs perpetradas pelos estudantes.

Não foram encontradas marcas, no Rat4_CB_01, de engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**”.

No tópico de Discussão do Rat4_CB_01 os estudantes se engajam na PECE de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”. A primeira evidência de que os estudantes construíram Explicação e não Argumento, é que a assertiva tinha a intenção de explicar as causas para os fenômenos de fluutuabilidade e elasticidade da cortiça. Segundo o método, -“*Quando a intenção da assertiva for de deixar um fenômeno mais*

claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno”-, tratar-se-ia de uma Explicação. Também pois o *explanandum*, fenômeno a ser explicado (flutuabilidade e elasticidade da cortiça), são mais plausíveis que os elementos que levam a eles (*explanans*). Logo, se as premissas forem menos plausíveis, mais incertas que a conclusão (*explanandum*), trata-se de uma Explicação. No caso os estudantes afirmam que a cortiça flutua tão bem (flutuar bem é o *explanandum*) “*porque ela é leve*”, “*e não há nenhuma forma para penetrar água*” e “*pois o ar consegue penetrar na casca, sendo uma parte ar.*” (estes são os *explanans*). Por fim o método diz também que “*Quando houver motivos que se somem para explicar o explanandum e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, a assertiva se relacionaria a uma Explicação.*”. Outro indicativo é que são as perguntas do tipo “**Por quê/Como?**” que se relacionam às Explicações.

Não foram encontradas marcas de engajamento nas PECEs de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**”, “**Descrição (C05)**” e “**Exemplificação (C06)**”. Como discutido anteriormente, os estudantes fazem desenhos que poderiam configurar como inscrições literárias, mas como esses desenhos não são usados na investigação, credita-se os mesmos apenas ao cumprimento de uma tarefa escolar. Por isso a produção dos desenhos não foi considerada como evidência de engajamento na PECE de **Construção de Inscrições Literárias (C04)**”.

Há evidência de engajamento na PECE de “**Avaliação dos Dados/informações (A01)**”. Os estudantes afirmam que - “*Nessa hipótese não estava totalmente errada, mas faltava informações, como que o ar consegue penetrar na cortiça deixando-a mais leve.*”-. O entendimento é que nesse trecho os estudantes estão colocando *sub judice* a informação de que o ar consegue penetrar na cortiça. Ou seja, os estudantes estão avaliando a informação de que o ar penetra na cortiça deixando-a mais leve. Esse mesmo trecho pode servir de evidência também do engajamento nas PECEs de “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**”, “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**” e “**Avaliação de Hipótese (A08)**”. Isso já que, no trecho, os estudantes estão avaliando a hipótese explicativa (A08), através da comparação com a explicação por eles formulada (A06) e avaliando a forma como exploraram a questão (A07). Vide que percebem que não conseguiram responder como o ar entra na cortiça, e esse é um dos *explanans* formulados.

A evidência do engajamento na PECE de “**Legitimação de Explicações (L01)**” está também no trecho anteriormente apresentado. O que marca o engajamento é a consideração de que –“Nessa hipótese não estava totalmente errada, mas faltava informações (...)”-. Ou seja, os estudantes estão legitimando a explicação formulada por eles mesmos. Mesmo que considerando a explicação apenas parcialmente correta.

Não foram encontradas marcas, no Rat4_CB_01, de engajamento nas PECEs de “**Avaliação das Evidências (A02)**”, “**Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)**”, “**Argumentação (A04)**”, “**Legitimação de Conhecimentos (L01)**” e “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

7.1.4.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.

Apresentação da análise do relatório da aula/atividade quatro - “**Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça**”- da turma de 2019 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat4_FS19_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

Não há marca, no Rat4_FS19_01, de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”. Assim como no Colégio Brasília os estudantes da FASESP usaram as questões de investigação exatamente como essas se encontram na ficha de atividade da aula (APÊNDICE E). Ao proceder dessa forma o entendimento não é de engajamento epistêmico.

Quando na análise do engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” do Rat4_CB_01 (Colégio Brasília) foi trazido a controvérsia acerca de a aula/atividade quatro - “**Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça**”- ser ou não uma “*Investigação Orientada: Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados*” segundo a classificação de Banchi e Bell (2008). Isso já que, apesar de não haver uma metodologia prescrita para a investigação dessa aula/atividade, são fornecidas lâminas com cortes de cortiça (*Quercus suber*) e cenoura, que somados a presença de microscópios, induziriam um método. Por conta disso o procedimento adotado para a análise foi considerar que o simples relato de que as amostras (lâmina de cortiça e cenoura) foram observadas através do microscópio

não configuram evidência de engajamento na PECE de “Planejamento de Investigação Científica (P02) ”.

A evidência de engajamento na PECE de “Planejamento de Investigação Científica (P02) ” deriva da articulação entre hipótese e procedimentos. Isso já que, na hipótese, os estudantes relacionam leveza e flutuabilidade com densidade dos materiais (cortiça de cenoura), e como parte dos procedimentos calculam a densidade da cortiça. A evidência de engajamento na PECE em questão não deriva da descrição de que cortiça e cenoura foram observados ao microscópio, mas do entendimento de que os estudantes planejaram calcular a densidade para verificar sua própria hipótese.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_01 abaixo:

Hipótese
Estabelecemos uma relação entre leveza e a Flutuabilidade com a densidade, pois quanto menor a massa menor a densidade, portanto por a cortiça ser leve ela flutua mais. Em relação a elasticidade a maciez da árvore.

HIPÓTESE
Estabelecemos uma relação entre a leveza e a flutuabilidade com a densidade, pois quanto menor a massa menor a densidade, portanto por a cortiça ser leve ela flutua mais. Em relação a elasticidade a maciez da árvore.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

Trecho recortado do relatório identificado como Rat4_FS19_01 com as contas calculando a densidade da cortiça:

$$D = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{7,08}{24,3} = 0,29 \text{ g/cm}^3$$

↓
Altura · largura · profundidade

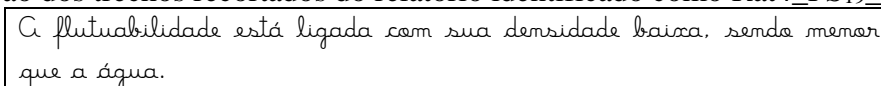
↓ ↓ ↙
1,5 · 6,5 · 2,5

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

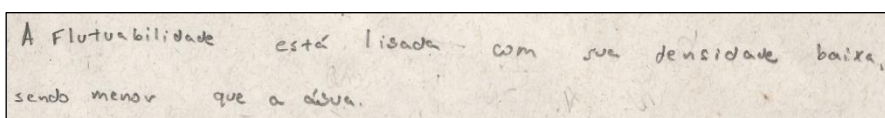
O engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”, no Rat4_FS19_01, decorre da consideração de que os estudantes não executaram atividades pertinentes a investigação apenas cumprindo tarefas escolares, mas se engajaram epistemicamente. O próprio cálculo da densidade relatado anteriormente demonstra a autenticidade na execução da investigação.

As evidências, no Rat4_FS19_01, de que os estudantes se engajaram na PECE de “**Construção de Dados (P04)**”, pode ser encontrada também no cálculo da densidade. Isso já que peso e volume da cortiça foram dados construídos. A densidade calculada foi utilizada na composição da explicação acerca da flutuabilidade da cortiça. Uma marca de engajamento na PECE de “**Construção de Evidências (P05)**” advêm exatamente do cálculo e uso da densidade.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_01 abaixo:



A flutuabilidade está ligada com sua densidade baixa, sendo menor que a água.



A Flutuabilidade está ligada com sua densidade baixa, sendo menor que a água.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

A hipótese redigida no Rat4_FS19_01 foi considerada autêntica, já que dela deriva parte dos procedimentos, e a mesma é retomada na conclusão. Ou seja, foi considerado que os estudantes se engajaram na PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”.

Não há marcas, no Rat4_FS19_01, de engajamento na PECE de “**Construção de Modelos (P07)**”.

Como foi considerado haver evidências de engajamento em diversas PECEs no Rat4_FS19_01, e o material analisado constituiu exatamente do relatório, por conseguinte, tem-se que considerar que houve engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**” pelos estudantes.

Não foram encontradas marcas de engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**”. A interpretação feita, acerca dos tópicos de “*Discussão e conclusão*”, foi que o conhecimento construído foi

comunicado como Explicação. Logo houve engajamento dos estudantes na PECE de “Comunicação de Explicação Científica (C02) ”.

O segundo tópico de desambiguação do novo método de diferenciação de Explicações e Argumentos diz que: -“Quando a intenção da assertiva for de deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno”- , tratar-se-ia de uma Explicação. Outro tópico de desambiguação do método diz que: -“Se o [explanandum ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado à prova, trata-se do explanandum de uma Explicação.”- Acontece que as próprias questões da aula/atividade quatro - “Aula 4 - Robert Hooke e a Cortiça”- parecem pedir causas para fenômenos dados como certos, e para os quais são pedidas as causas. Os fenômenos (*explanandum*) para os quais se quer as causas (flutuabilidade, baixa densidade e elasticidade da cortiça) não estão sob contestação, o que se investiga são os motivos para elucidar o mecanismo que produz o fenômeno.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_01 abaixo:

Objetivos
1ª Por que a cortiça é leve?
2ª Porque a cortiça flutua na água?
3ª Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta ao normal)?

OBJETIVOS
1ª Por que a cortiça é leve?
2ª Porque a cortiça flutua na água?
3ª Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

O Rat4_FS19_01 apresenta também vários elementos para explicar o porquê da leveza, flutuabilidade e elasticidade da cortiça. De acordo com o novo método de diferenciação entre Argumentos e Explicações: -“Quando houver motivos que se somem para explicar o explanandum e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, esta se relacionaria a uma Explicação”-. Também já que os motivos foram considerados

menos plausíveis, mais incertos, que o *explanandum*, indício também de tratar-se de uma Explicação.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_01 abaixo:

Discussão e conclusão

Associamos a leveza da cortiça com sua aparência. Por na formação dela ter vasões (furros), Fazendo com que ela não tenha matéria acumulada, a deixando mais leve.

A flutuabilidade está ligada com sua densidade baixa, sendo menor que a água. Também, pelas suas vasões, pensamos que pela menor quantidade de matéria, não seja tão compacta, dura, possibilitando sua maciez, logo sua elasticidade.

Conclusão

Dado que sua leveza se dá a partir de suas vasões conclui-se que sua massa é pequena e conseqüentemente sua densidade é menor, fazendo a cortiça flutuar. Já que sua massa é pequena, a cortiça é mais elástica por ser menos compacta, considerando suas vasões.

Discussão e conclusão:

Associamos a leveza da cortiça com sua aparência. Por na formação dela ter vasões (furros), Fazendo com que ela não tenha matéria acumulada, a deixando mais leve.

A Flutuabilidade está ligada com sua densidade baixa, sendo menor que a água.

Também, pelas suas vasões, pensamos que pela menor quantidade de matéria, não seja tão compacta, dura,

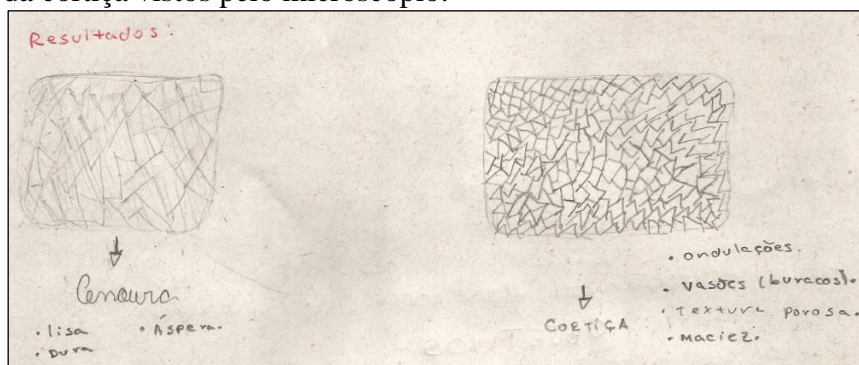
CONCLUSÃO

Dado que sua leveza se dá a partir de suas vasões conclui-se que sua massa é pequena e conseqüentemente sua densidade é menor, fazendo a cortiça flutuar. Já que sua massa é pequena, a cortiça é mais elástica por ser menos compacta, considerando suas vasões.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

Uma evidência, no Rat4_FS19_01, de engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**” são as formulações matemáticas usadas para calcular a densidade da cortiça. Os desenhos, por serem referenciados na conclusão, também podem ser considerados inscrições literárias epistemicamente construídas.

Trecho recortado do relatório identificado como Rat4_FS19_01 com os desenhos da cenoura e da cortiça vistos pelo microscópio:



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_01.

A PECE de “**Descrição (C05)**” tem como marca de seu engajamento, no Rat4_FS19_01, as descrições que aparecem no recorte acima –“**Cenoura** *lisa, *dura e *áspera”- e acima –“**Cortiça** *ondulações, *vasões (buracos), *textura porosa e *maciez”-. Essa descrição não foi considerada apenas reflexo de uma comanda escolar já que não havia prescrições pedindo isso, e também pois elementos dessas descrições aparecem na resolução da investigação (vide recorte da *Discussão e conclusão* anteriormente apresentado).

Não foram encontradas marcas, Rat4_FS19_01, de engajamento nas PECEs de “**Exemplificação (C06)**”, “**Avaliação dos Dados/informações (A01)**”, “**Avaliação das Evidências (A02)**”, **Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)**”, “**Argumentação (A04)**”, “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**”, “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**”, “**Avaliação de Modelo (A07)**” e “**Avaliação de Hipótese (A08)**”.

A inferência do engajamento na PECE de “**Legitimação de Explicações (L01)**”, decorre da própria comunicação das Explicações relatada no relatório. O relatório foi construído em grupo, e por isso foi considerado que as Explicações apresentadas refletem a construção de consenso entre os membros do grupo sobre a(s) explicação(ões) que mais se adequa(m). O mesmo raciocínio foi tomado para considerar que houve engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

Em relação a esse raciocínio é importante trazer que há situações em que os estudantes não participam do desenvolvimento dos procedimentos, ou seja, casos em que

os procedimentos estão prescritos nas comandas das atividades ou são fornecidos inteiramente pelo professor. Quando ocorrer dessa forma, a presença de um relato de como se deram os procedimentos não serve de evidência de que houve engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”. É o caso, por exemplo, do Rat4_FS19_02, em que a metodologia de investigação foi exatamente a induzida pelo professor⁶⁷. Como a metodologia foi a induzida pelo professor, não foi considerado que houve engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**” no Rat4_FS19_02. Por conseguinte, apesar dos estudantes relatarem a metodologia empregada, também não foi considerado que houve engajamento na PECE “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”.

Ainda acerca do engajamento ou não na PECE “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”, há outra situação possível, como a do Rat4_FS19_03. Nesse relatório novamente a metodologia de investigação foi exatamente a induzida pelo professor e por isso não foi considerado que houve engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”. Acontece que foi considerado que houve engajamento na PECE “**Legitimação de Procedimentos (L03)**”. A evidência do engajamento não está no relato da metodologia empregada, e sim num trecho da -“*Conclusão*” - do relatório em que os estudantes afirmam que: -“*O procedimento realizado utilizando a microscópia foi possível detectar que (...)*”-. Ou seja, os estudantes estão legitimando um procedimento que não fora por eles planejado.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_02 abaixo:

Materiais e Métodos

- Microscópia
- lâmina de vidro
- laminula
- lâmina de metal cortante (Gillette)
- pinça metálica
- amostra de cortiça
- amostra de censura

⁶⁷ Vide neste tópico a discussão relacionada a controvérsia da análise do engajamento ou não na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”.

A cortiça foi cortada com a lâmina metálica, sendo tomada como amostra um corte vertical de espessura microscópica. Esse recorte foi colocado na lâmina e pressionado com a lamínula para observação no microscópio.

A lâmina foi presa com a presilha e usamos a lente de 4x. Procuramos analisar toda a extensão da amostra para termos uma visão geral da cortiça.

Material e Métodos

- Microscópio
- lâmina de vidro
- lamínula
- lâmina de metal cortante (gilete)
- pinça metálica
- amostra de cortiça
- amostra de madeira

A cortiça foi cortada com a lâmina metálica, sendo tomada como amostra um corte vertical de espessura microscópica. Esse recorte foi colocado na lâmina e pressionado com a lamínula para observação no microscópio.

A lâmina foi presa com a presilha e usamos a lente de 4x. Procuramos analisar toda a extensão da amostra para termos uma visão geral da cortiça.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_02.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat4_FS19_03 abaixo:

Conclusão

O procedimento realizado utilizando o microscópio foi possível detectar que as cavidades são constituídas de ar e a madeira de água, isso faz com que uma tem a densidade maior que a água e outra flutua, a madeira afunda justamente por ser constituída de água.

Conclusão

O procedimento realizado utilizando o microscópio foi possível detectar que as cavidades são constituídas de ar e a madeira de água, isso faz com que uma tem a densidade maior que a água e outra flutua, a madeira afunda justamente por ser constituída de água.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat4_FS19_03.

Por fim não há marcas, Rat4_FS19_01, de engajamento na PECE de “**Legitimação de Conhecimentos (argumento) (L02)**”.

O Rat4_FS19_04 foi considerado um relatório anômalo, já que apresenta várias das partes canônicas (Introdução, Objetivo, Hipótese, Materiais e Métodos, Resultados e Conclusão) esperadas, mas foi interpretado que não houve um real engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”. Isso já que os estudantes afirmam que tanto cortiça quanto cenoura flutuam e cenouras são mais densas que a água. Esse fato foi considerado indício de que os estudantes não se engajaram epistemicamente na investigação, mas apenas cumpriram uma tarefa escolar de produzir um relatório para ser entregue ao professor.

7.1.5 Análises dissertativas dos relatórios da aula/atividade cinco - “Atividade investigativa 5: “Investigando como no Micrographia”

A aula/atividade cinco - “Atividade investigativa 5: “Investigando como no Micrographia” foi aplicada tanto nos 7^{os} do EF-II (7^oA, 7^oB e 7^oC) do Colégio Brasília, como em diferentes anos da Faculdade SESI de Educação (turmas de 2017, 2018). Primeiramente será apresentada a análise dissertativa do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”- do 7^oB do Colégio Brasília. Tal relatório será tratado pelo código Rat5_CB_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I). Depois será apresentada a análise dissertativa aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”- da turma de 2018 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat5_FS18_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

7.1.5.1 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”- do 7^oA do Colégio Brasília

O Rat5_CB_01 apresenta evidência de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”. A aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”- foi elaborada para ter um nível de investigação quatro -“*Investigação aberta: Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais.*”-. Logo, até mesmo as perguntas precisam ser elaboradas pelos estudantes. No Rat5_CB_01 as perguntas elaboradas são:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat5_CB_01 abaixo.

2. Objetivo

Perguntas:

- * O que acontece quando a cabelo recebe química?
- * Por que ele tem essa forma?
- * Eles são diferentes por si próprios ou o shampoo modifica?
- * O que o condicionador modifica?

2. Objetivo

Perguntas:

- * O que acontece quando o cabelo recebe química?
- * Por que ele tem essa forma?
- * Eles são diferentes por si próprios ou o shampoo modifica?
- * O que o condicionador modifica?

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_CB_01.

A própria natureza das questões pode ser considerada um indício extra de engajamento na PECE P01, já que são questões sobre o que podemos pensar ser interesse legítimo dos estudantes. Outro elemento que permite inferir que a investigação, e suas questões, foram autênticas, é que os resultados e a discussão respondem as questões.

Recorte dos desenhos apresentados pelos estudantes como resultados da investigação no Rat5_CB_01:

4. Resultados

Com e sem químicas



lente humante
3.3x



sem lavar



lavado c/ shampoo e condicionador



só c/ shampoo
(Buntene)

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_CB_01.

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat5_CB_01 abaixo.

5. Discussão ou Análise e Conclusão

Quando o cabelo recebe química, ele fica mais grosso, porém, com a camada externa mais gasta, quando fica sem lavar ele escurece, perdendo o brilho.

O Cabelo lavado apenas com shampoo, fica mais claro e fino. Descobrimos que com o passar do tempo, O cabelo perde a cor. Também descobrimos que o condicionador o cabelo fica mais fino

5. Discussão ou Análise e Conclusão

Quando o cabelo recebe química, ele fica mais grosso, porém, com a camada externa mais gasta, quando fica sem lavar ~~ele~~ ele escurece, perdendo o brilho.

O cabelo lavado apenas com shampoo, fica mais claro e fino. Descobrimos que com o passar do tempo, O cabelo perde a cor. Também ~~de~~ descobrimos que o condicionador o cabelo fica mais fino

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_CB_01.

Pode ser considerado que o Rat5_CB_01 apresenta evidência de engajamento na PECE de “Planejamento de Investigação Científica (P02)”. Uma primeira evidência do engajamento nessa PECE (P02) é o fato de os estudantes terem elaborado as próprias questões de investigação. Isso por si já constitui parte do planejamento. Outro ponto importante, de garantia do engajamento, é o fato de que os estudantes tiveram que trazer de casa quatro amostras de cabelo, cada um com diferentes tratamentos experimentais. Eles não simplesmente arrancaram os próprios cabelos no dia reservado na SEI para executarem as investigações autorais, mas previamente planejaram que deveriam trazer amostras de cabelo com diferentes tratamentos. Isso requereu planejamento prévio.

Nas palavras dos estudantes:

Transcrição dos trechos recortados do relatório identificado como Rat5_CB_01 abaixo.

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

* 4 amostras de cabelo de cada uma

1 sem lavar

1 normal (de agora)

1 lavado só com shampoo

1 sem lavar
* 1 Microscopia
* Laminulas
* Laminas
Observamos todas as amostras para comparar as diferenças entre os fios.

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

* 4 amostras de cabelo de cada uma
1 sem lavar
1 normal (de agora)
1 lavado só com shampoo
1 sem lavar
* 1 Microscopia
* Laminulas
* Laminas
Observamos todas as amostras para comparar as diferenças entre os fios.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_CB_01.

Há evidência, no Rat5_CB_01, de engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”. Pode-se considerar que a proposição autoral de questões de investigação já marca o início da execução da investigação científica. Trazer as amostras de cabelo também é evidência do engajamento na investigação. E responder as questões propostas, observando os fios de cabelo através do microscópio, apresentando desenhos e texto, são mais uma evidência do engajamento na PECE P03.

Pode ser considerado que houve, no Rat5_CB_01, engajamento nas PECEs de “**Construção de Dados (P04)**” e “**Construção de Evidências (P05)**”. Os dados construídos sendo os desenhos produzidos. É possível notar uma preocupação em retratar, através dos desenhos, as diferenças observadas nas constituições dos fios de cabelo observados ao microscópio. Ou seja, os desenhos nesse relatório são indicativos das observações empíricas. São marca da construção de dados (P04). Já no tópico de “5. Discussão ou Análise e Conclusão” os dados (desenhos) são interpretados, classificados quando a grossura dos fios, brilho, tonalidade. Ou seja, os dados da observação, registrada por meio de desenhos, foram transformados em evidências para responder as questões de investigação (P05).

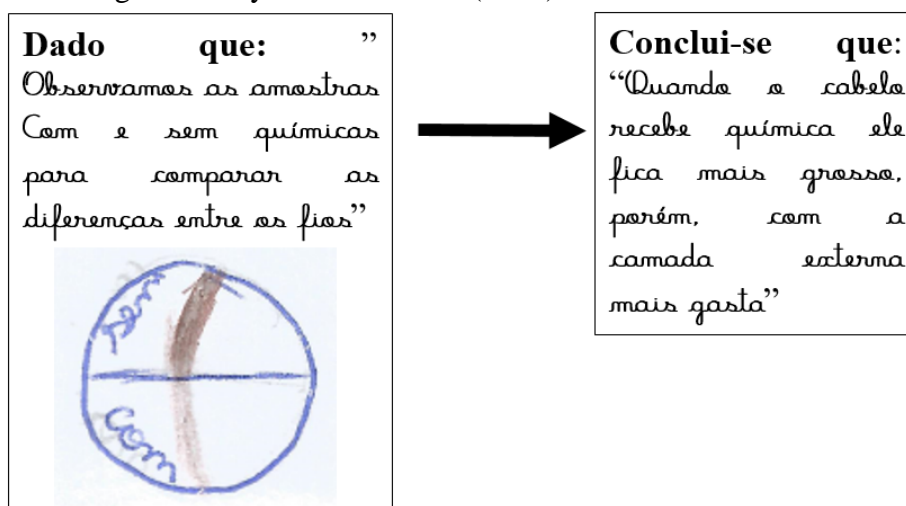
Não há evidências, no Rat5_CB_01, de engajamento nas PECEs de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**” e “**Construção de Modelos (P07)**”.

Pode ser considerado que houve, na elaboração do Rat5_CB_01, engajamento na PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. O fato de ser uma investigação aberta (nível quatro na classificação de Banchi e Bell, 2008), já de antemão contribui para o entendimento de que seu registro seja fruto de um engajamento autêntico na PECE sem questão, e no geral. O entendimento de que os estudantes não estavam apenas cumprindo uma exigência protocolar de produzir um relatório, se dá, também, na medida em que os Argumentos construídos têm seus elementos distribuídos em diferentes partes do Rat5_CB_01. Ou seja, os estudantes não estavam apenas completando lacunas da máscara com as partes canônicas de um relatório fornecida pelo professor. Pode ser inferido que os estudantes articularam essas partes para comunicar a construção de um conhecimento científico.

O Rat5_CB_01 apresenta evidência de engajamento, no que foi aferido tratar-se, da PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**” e não de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”.

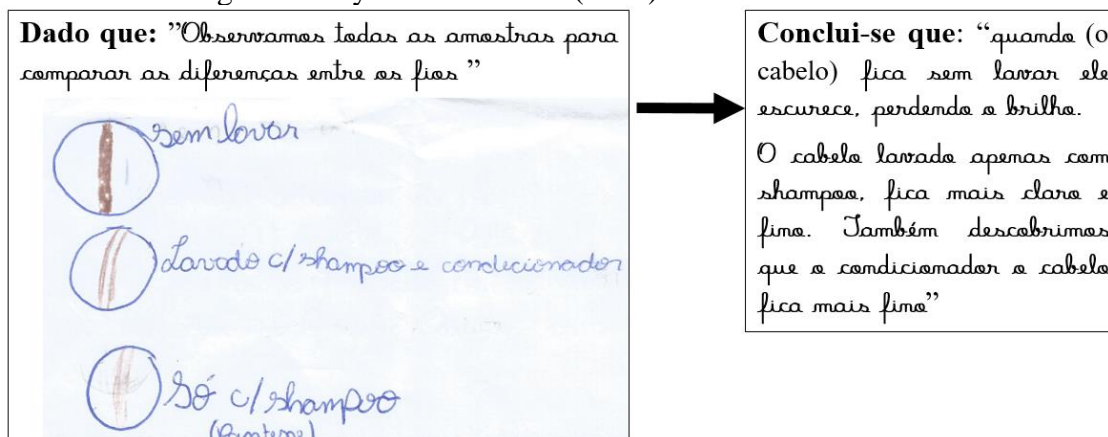
Os argumentos produzidos pelos estudantes vêm a seguir, já estruturados segundo a estrutura do layout de argumento de Toulmin (TAP - *Toulmin's Argument Pattern*) (2006):

Figura 35 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_CB_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 36 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_CB_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os Argumentos apresentados acima foram formados a partir de diferentes partes do Rat5_CB_01. Isso é interessante, já que alguns autores já afirmavam que um trabalho científico pode ser pensado como um grande Argumento (LATOURE e WOOLGAR, 1997). Também pois, precisar e fazer uso de diferentes partes do relatório para compor os Argumentos reforça a importância de terem sido tomados, como unidade de análise na busca pelas PECEs, não trechos, mas os relatórios como um todo.

Acerca da desambiguação das assertivas corresponderem a um Argumento ou Explicação, foi interpretado que a intenção dos estudantes era convencer, o que, de acordo com o método usado, é indicativo de que foram produzidos Argumentos e não Explicações. Os estudantes não estão, aparentemente, querendo explicar as causas que levaram aos fenômenos –“Quando o cabelo recebe química, ele fica mais grosso (...)” ou “ (...) Também descobrimos que o condicionador o cabelo fica mais fino” - e etc. Constitui indicativo de Explicação –“Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno”-. Outro indicativo de que são Argumentos e não Explicações, é que os Dados (D) que serviram de premissa para a Conclusão (C) são os registros das observações, apresentados como desenhos. E as observações empíricas dos fios de cabelo ao microscópio são mais plausíveis que as Conclusões (C), que os estudantes chegam a partir das observações. Premissas mais plausíveis que a conclusão são indicativo de Argumento.

Também auxilia na desambiguação a premissa de que questões do tipo “**Por quê/Como?**” são as que fornecerão Explicações como resposta, e não as do tipo “**O quê/Quais**”. A essas últimas foi associada a construção de Argumentos. Veja que das quatro perguntas formuladas pelos estudantes apenas três foram respondidas, exatamente aquelas do tipo “**O quê/Quais**”. A primeira pergunta foi - “* O que acontece quando o cabelo recebe química?” - (grifo próprio). A segunda pergunta - “* Por que ele tem essa forma?” - (grifo próprio) não foi respondida. A terceira pergunta - “* Eles são diferentes por si próprias ou o shampoo modifica?” - pode ser entendida como - “*Quais são as diferenças . . .*” - . A quarta e última pergunta diz - “* O que o condicionador modifica?” - (grifo próprio).

A evidência do engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**” está nos desenhos dos fios de cabelo. Esses que são os registros das observações empíricas feitas ao microscópio. Desenhos e ilustrações podem ser, de acordo com Lehrer, Schauble e Petrosino (2001) considerados inscrições literárias. Mas, como discutido anteriormente, os desenhos feitos pelos estudantes só podem ser considerados evidências de engajamento autêntico, e não resultado do cumprimento de uma exigência protocolar, quando são usados para responder à pergunta de investigação (SÍLVA et al, 2017).

As razões para o entendimento de que houve engajamento na PECE “**Descrição (C05)**”, encontra-se no texto dos estudantes ao final do relatório. A Conclusão (C) dos estudantes são descrições das características dos objetos estudados - fios de cabelo sobre diferentes condições-. Apresentar descrições como produto da construção do conhecimento científico é interessante, já que, de acordo com Santos et al (2010), a Biologia seria uma ciência em que a descrição é prática epistêmica frequente.

Não há evidências de que houve engajamento nas PECEs de “**Exemplificação (C06)**”, “**Avaliação dos Dados/informações (A01)**”, “**Avaliação das Evidências (A02)**”, “**Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (Argumento) (A03)**”, “**Argumentação (A04)**”, “**Avaliação de Explicação Científica (A05)**” e “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)**”. Isso é interessante, já que esta quinta aula/atividade - “*Aula 5 - Investigando como no Micrographia*”- é exatamente a que apresenta nível de investigação quatro - “*Investigação aberta: Os*

estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais. ”-. Logo, é a situação em que mais autonomia, e consecutivamente mais responsabilidade, são transferidos para os estudantes em relação aos processos da investigação. Talvez por isso não haja evidências, no relatório escrito, do engajamento nas PECEs relacionadas a “**Avaliação do Conhecimento Científico**”. Os estudantes, e talvez qualquer autor de trabalho científico, não apresentaria, chamaria a atenção, a possíveis falhas em suas próprias investigações. Talvez as marcas de engajamento nas PECEs relacionadas a “**Avaliação do Conhecimento Científico**” possam ser encontradas nas áudio-vídeo gravações, quando os estudantes estivessem discutindo e avaliando seus processos, procedimentos e raciocínio. Nos relatórios só apareceriam processos, procedimentos e raciocínios, que após passar por avaliação, sejam pelos estudantes legitimados.

Como não foi considerado que há construção de Explicação no Rat5_CB_01, não há engajamento na PECE de “**Legitimação de Explicações (L01)** “. Em contrapartida foi considerado que houve produção de conhecimento científico por meio de Argumento (engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos – C03**”). E como trata-se de um relatório produzido por um grupo de estudantes, os Argumentos apresentados são aqueles legitimados pela comunidade de prática. Ou seja, pode ser considerado que houve engajamento na PECE de “**Legitimação de Conhecimentos (argumento) (C02)** ”.

O raciocínio para considerar que houve, na produção do Rat5_CB_01, engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)** ”, se relaciona com o engajamento nas PECEs de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)** “ e “**Execução de Investigação Científica (P03)** ”. A investigação perpetrada incluiu os estudantes planejarem os procedimentos, inclusive decidindo quais seriam os diferentes tratamentos que os cabelos teriam que ser submetidos antes de serem trazidos para a aula. A escolha desses tratamentos, e a ação de submeter os próprios cabelos aos diferentes tratamentos, são indícios de que houve engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)** ”. Como os estudantes não poderiam estar apenas cumprindo uma tarefa escolar de execução de uma investigação, já que não havia a possibilidade de seguir um protocolo de investigação, pode ser também inferido que eles tiveram que legitimar o próprio planejamento dos procedimentos.

7.1.5.2 Análise dissertativa do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”– da turma de 2017 da Faculdade SESI de Educação.

Apresentação da análise do relatório da aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”– da turma de 2018 da Faculdade SESI de Educação. Tal relatório será tratado pelo código Rat5_FS18_01 e encontra-se na íntegra nos anexos (ANEXO I).

Como explicado anteriormente, no subtópico anterior, essa aula/atividade cinco - “Aula 5 - Investigando como no Micrographia”– foi elaborada para ter um nível de investigação quatro -“*Investigação aberta: Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais.*”-. Logo, até mesmo as perguntas precisam ser elaboradas pelos estudantes. Essa autonomia dada aos estudantes acaba influenciando o que conta como evidência de engajamento para todas as PECEs. Isso não significa que qualquer item colocado pelos estudantes deva ser automaticamente considerado resultado de um engajamento epistêmico. Como foi pedido, para as investigações anteriores a da SEI, que os estudantes produzissem relatórios, é esperado que eles tenham se familiarizado com algumas partes da estrutura canônica (Introdução, Hipótese, Objetivo, Metodologia, Resultados, Análise/Interpretação, Conclusão e Referências). Logo itens podem, mesmo em investigações abertas, aparecer como reflexo do cumprimento de tarefas escolares e não do engajamento epistêmico.

O Rat5_FS18_01 apresenta evidência de engajamento na PECE de “**Proposição/Seleção de Problema Científico (P01)**”. Isso já que as questões foram formuladas pelos estudantes e conduziram toda a investigação.

Recorte dos objetivos apresentados pelos estudantes no Rat5_FS18_01

Objetivo:

- * Comparar a estrutura das folhas, raízes e o crescimento populacional das Lemnas em diferentes PHS.
- * Acompanhar o crescimento populacional em ambiente com nutrientes e sem nutrientes.

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_FS18_01

No caso de investigações abertas, a própria elaboração de questões de investigação já é evidência de engajamento na PECE de “**Planejamento de Investigação Científica (P02)**”. Há outras evidências, no Rat5_FS18_01, para justificar a consideração de que houve engajamento na PECE em questão. Por exemplo o fato de que a investigação precisou de uma preparação prévia para um procedimento que levou dias. Não há maneira de fazer essa investigação sem um planejamento.

Recorte dos objetivos apresentados pelos estudantes no Rat5_FS18_01:

Metodologia Experimental 1:

Em dois béqueres adicione uma pequena quantidade de vinagre de modo que adicionando a água fique com o pH 3 e em pH 5 em outros béqueres adicione somente água corrente com pH 7 e nos béqueres restante água com cal virgem em diferentes concentrações de modo que tal fique com pH 9 e o outras com pH 11, coloque em cada um dos béqueres aproximadamente 15 populações de Lemnas. Faça suas observações.

Obs: Para garantir o pH utilize o medidor observando as diferenças com o microscópio, analisando a estrutura das folhas e das raízes.

* Tire fotos de cada grupo todos os dias para as conclusões finais tendo noção de quais resistiram e sobreviveram e quais morrerão.

Metodologia Experimental 2:

Em dois béqueres de 400ml coloque um pouco de Humos de minhoca misturado com a terra e em um deles coloque as 10 Lemnas saudáveis e as identifique, no outro coloque as que não estão tão saudáveis, faça o mesmo em mais dois béqueres poderem não adicione os nutrientes.

Obs:

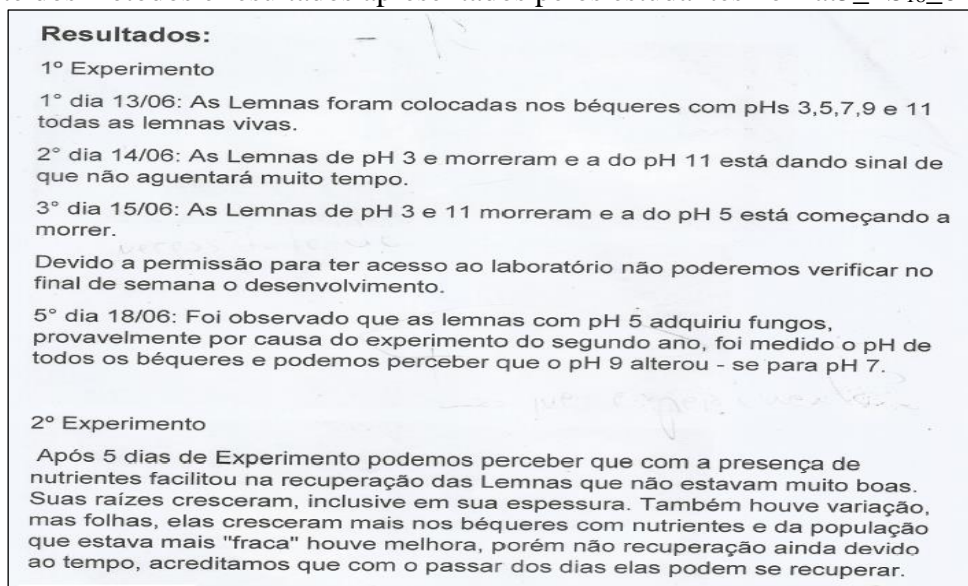
pH da torneira --> 7,0 - Neutro

pH do Vinagre --> 3,0 - Ácido

Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_FS18_01

Novamente a própria elaboração de questões de investigação já é evidência de engajamento na PECE de “**Execução de Investigação Científica (P03)**”. Isso já que propor questões é parte da execução de uma investigação. Outros exemplos, no Rat5_FS18_01, para justificar a consideração de que houve engajamento na PECE em questão são a montagem dos experimentos e seu acompanhamento.

Recorte dos métodos e resultados apresentados pelos estudantes no Rat5_FS18_01:



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_FS18_01

Pode ser considerado que houve engajamento nas PECEs de “**Construção de Dados (P04)**” e “**Construção de Evidências (P05)**”. Os dados são as observações do estado das *Lemnas* em cada um dos béqueres com diferentes pHs ao longo dos dias. As fotos são a tentativa de apresentar os dados no relatório. As evidências consistem no registro sobre as *Lemnas* estarem vivas ou mortas em cada um dos béqueres com diferentes pHs ao longo dos dias. Vide recorte acima do tópico –“**Resultados:**”- do Rat5_FS18_01.

Recorte das fotografias das *Lemnas* apresentadas pelos estudantes no Rat5_FS18_01:



Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_FS18_01

Não há evidências, no Rat5_FS18_01, de engajamento nas PECE de “**Elaboração de Hipóteses (P06)**”.

No Rat5_FS18_01 os estudantes afirmam na –“**Conclusão:**”- que: –“*Como vimos as lemnas são capazes de sobreviver quando estão em pH 7, pois quando estavam em pHs 3,5 e 11, morreram.*”.

Recorte do tópico Conclusão do Rat5_FS18_01:

Conclusão:

Como observamos, as lemnas são capazes de sobreviver quando estão em pH 7, pois quando estavam em pHs 3, 5, e 11, morreram.

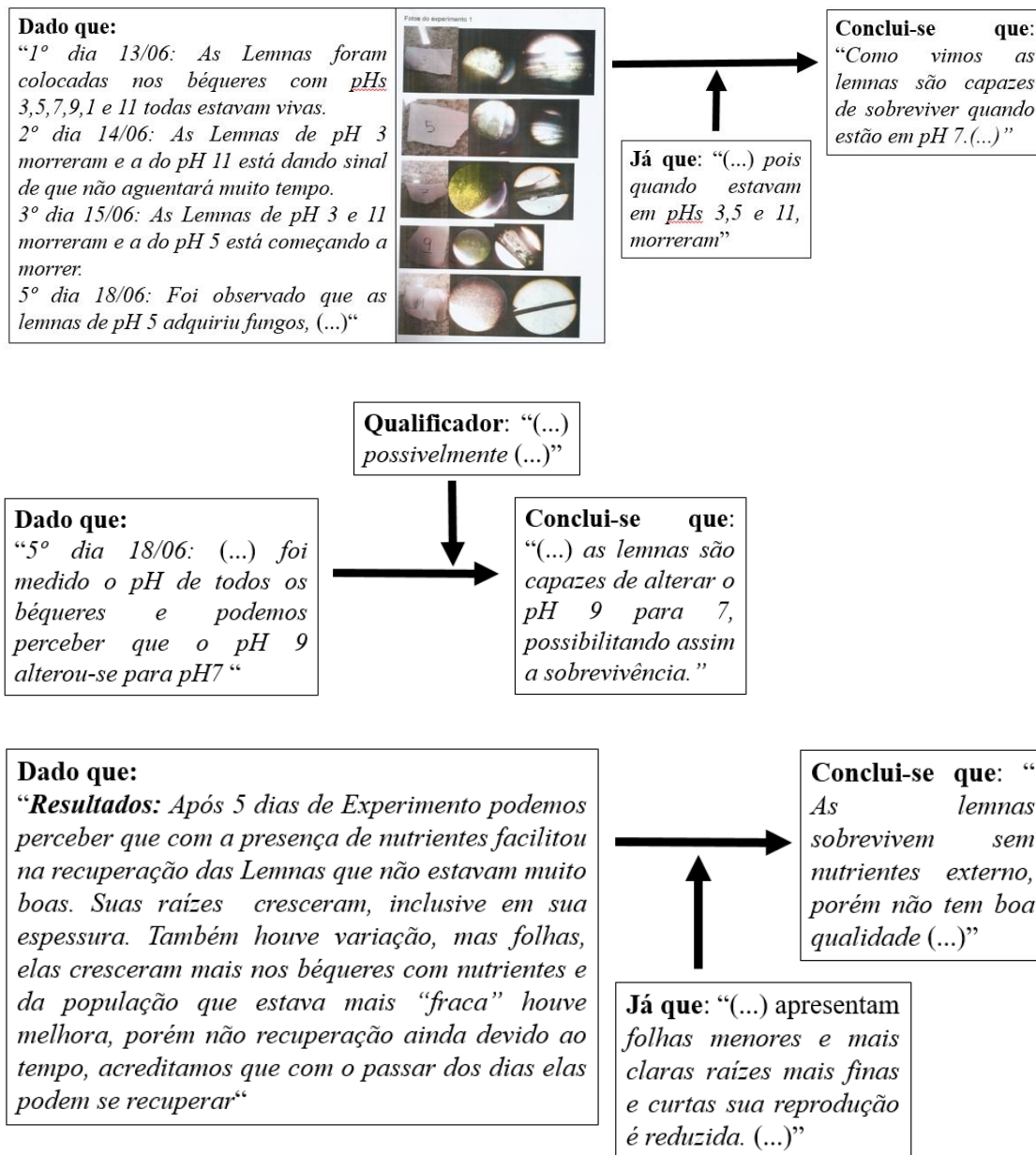
Fonte: recorte de trecho do relatório identificado como Rat5_FS18_01

Esse trecho foi compreendido como um exemplo de indício de engajamento na PECE de “**Construção de Modelos (P07)**”. Isso já que os estudantes estariam transformando as evidências coletadas em padrões. Aqui foi entendido que os estudantes estão estabelecendo um padrão de Ph da água em que *Lemnas* sp. podem sobreviver, estão generalizando seus resultados como um padrão para a espécie de planta aquática. No trabalho de Kelly e Duschl (2002) as transformações de evidências em padrões e modelos seriam momentos de –“*oportunidade para engajamento em Prática Epistêmica (PE) e diálogo*”-.

Foi considerado haver evidências de várias PECEs no Rat5_FS18_01 e por isso compreende-se que a construção do mesmo foi autêntica e fruto de um engajamento epistêmico, PECE de “**Produção de Relatório Científico (C01)**”. Como dito para o Rat5_CB_01, o fato de ser uma investigação aberta (nível quatro na classificação de Banchi e Bell, 2008), já contribui para o entendimento de que o relatório seja fruto de um engajamento autêntico na PECE em questão.

Foi entendido haver comunicação do conhecimento através de Argumento e não de Explicação. Daí ser considerado que houve engajamento na PECE de “**Comunicação de Conhecimento Científico por meio de Argumentos (C03)**” e não de “**Comunicação de Explicação Científica (C02)**”.

Figura 37 - Argumentos formulados pelos estudantes no relatório Rat5_FS18_01 reestruturados segundo o layout de Toulmin (2006):



Fonte: Elaborada pelo autor.

As fotos tiradas pelos estudantes, e anexadas ao final do Rat5_FS18_01, foram consideradas evidências de engajamento na PECE de “**Construção de Inscrições Literárias (C04)**”. Na estrutura do Argumento acima pode ser observada uma descrição das *Lemnas*. Esta serviu de evidência de engajamento na PECE de “**Descrição (C05)**”.

Não há evidências de que houve engajamento nas PECEs de “**Exemplificação (C06)**”, “**Avaliação dos Dados/informações (A01)**”, “**Avaliação das Evidências (A02)**”.

”, “**Avaliação de Linha de Raciocínio Científico (A03)** ”, “**Argumentação (A04)** ”, “**Avaliação de Explicação Científica (A05)** ”, “**Avaliação das Formas de Explorar Cientificamente uma Questão (A06)** ”, “**Avaliação de Modelo (A07)** “, “**Avaliação de Hipótese (A08)** “ e “**Legitimação de Explicações (L01)** “.

Foi considerado que houve, no Rat5_FS₁₈_01, engajamento na PECE de “**Legitimação de Conhecimentos (C02)** ”. Isso já que se trata de um relatório produzido por um grupo de estudantes, e os Argumentos apresentados são aqueles legitimados pela comunidade de prática. A mesma lógica foi usada para considerar que houve, na produção do Rat5_CB_01, engajamento na PECE de “**Legitimação de Procedimentos (L03)** ”.

ANEXO A: Trabalho sobre Explicação na Educação Científica publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4611-4616”

X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

SEVILLA
5-8 de septiembre de 2017

EXPLICAÇÃO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UM PANORAMA (1998 A 2016) DA *SCIENCE EDUCATION*

Thiago Marinho del Corso
Universidade de São Paulo/ Doutorado da Faculdade de Educação
thiagodelcorso@usp.br

Sílvia Luzia Frateschi Trivelato
Universidade de São Paulo/ Faculdade de Educação
silfrive@usp.br

RESUMO: Este trabalho busca as publicações sobre Explicações na revista *Science Education* no período de 1998 a 2016. O recorte teve a intenção de ser o mais atual possível e o início visou permitir comparações com a revisão sobre Argumentação de Erduran *et al.*(2005) que serviu de base para a metodologia. Dê 1250 artigos publicados, 256 apresentavam alguma das palavras-chave estabelecidas e 130 foram considerados válidos por “Explicação” se referir ao conteúdo e não a um verbo com sentido genérico. Conclui-se haver uma tendência de aumento ao longo dos anos, com um pico após o trabalho de Osborne e Patterson (2011) que apregoava a necessidade de distinção entre Argumentos e Explicações.

PALAVRAS CHAVE: Argumento, Explicação, Práticas Epistêmicas, Metodologia.

OBJETIVOS: O objetivo deste artigo é fornecer uma análise dos trabalhos sobre explicação em educação científica em trabalhos publicados de 1998 a 2016 em uma das principais revistas de pesquisa de educação científica: *Science Education* (SE). Também verificar se a frequência de trabalhos abordando Explicações foi influenciada pelo polêmico trabalho de Osborne e Patterson (2011) que apregoa a importância de se distinguir Explicações de Argumentos.

MARCO TEÓRICO

Martins *et al.* afirmavam em 1999 que haveria quase um consenso que explicar seria, possivelmente, a tarefa mais fundamental de um professor de ciências, mas que a despeito do papel crucial das explicações na comunicação da ciência, e no ensino de ciências, o tópico não vinha sendo tratado como objeto de investigação sistemática na área de ensino de ciências. Também surpreendia os autores que a atividade de ‘explicar’ não vinha sendo, até então, tratada como algo que possa ser entendido, aprendido ou ensinado.

A importância das Explicações pode ser observada hoje em importantes documentos balizadores do ensino de ciências no mundo como o PISA ou o NRC Americano. No PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos - Programme for International Student Assessment), realizado desde 2000, a habilidade de construir Explicações é considerada uma das três dimensões da competência científica

(Organisation for Economic Cooperation and Development, 2015). O Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA (National Research Council, 2012) considera a construção de Explicações como uma das oito práticas epistêmicas a serem fomentadas.

Osborne e Patterson publicam em 2011 um polêmico trabalho com o intuito de distinguir argumentos de explicações, alegando que a falta de distinção entre estes conceitos representa uma fraqueza no campo de pesquisa do ensino de Ciências. Parte da confusão surgiria porque os argumentos são usados no processo de validação de qualquer explicação. Os dois não seriam, contudo, uma mesma coisa. Pelo contrário, há duas entidades discursivas distintas: a explicação, que tenta explicar o fenômeno dado, e um argumento que examina a questão para saber se a explicação é válida -- isto é, se ela foi bem sucedida, gerando o entendimento, e se ela é melhor comparando-se a outras. Em seu artigo resposta a Osborne e Patterson (2011), Berland e McNeill (2012) contestam a necessidade de distinguir essas práticas no ensino de ciências para os alunos, mas não discordam do entendimento de que explicações e argumentações são práticas científicas distintas e complementares, através das quais a comunidade científica constrói conhecimento.

METODOLOGIA

As etapas deste exame sistemático da literatura de pesquisa educacional sobre Explicações tiveram como base e inspiração o trabalho de Erduran *et al.* (2005) que revisou a literatura sobre Argumentação. Aqui as etapas consistiram em:

1. Seleção do periódico e anos de publicação a serem revisados: *Science Education* (SE), no período de 1998-2016.

O motivo da escolha desta revista é o fato dela apresentar um dos maiores índices de impacto na área da pesquisa em educação científica e ter sido uma das revistas revisadas no trabalho de Erduran *et al.* (2005), assim possibilitando comparações. Também por ser a revista palco dos artigos envolvendo a polêmica da importância e necessidade ou não de se diferenciar argumentos de explicações (Osborne e Patterson, 2011; Berland e McNeill, 2012; Osborne e Patterson, 2012). Resenhas de livros, respostas, erratas e materiais editoriais foram todos excluídos porque interessavam contribuições de pesquisa originais.

O recorte do período pesquisado terminar em 2016 se deve a intenção de ser o mais atual possível. O início em 1998 foi opção para permitir comparações, tanto com a quantidade de trabalhos em Argumentação, 1998-2014 (Erduran *et al.*, 2005), como com o panorama apresentado por Martins *et al.* publicado em 1999.

2. Identificação das palavras chave: *Explanation, Explain, Explication, Explicate, Explained, Explaining, Explanatory*

Para estabelecer as palavras-chave de busca, primeiro, foi acessada a base de dados eletrônica da *Web of Knowledge* ou também conhecida como *Web of Science* (<http://isiknowledge.com/>) separadamente para três das três principais revistas da área (*Science Education, International Journal of Science Education e Journal of Research in Science Teaching*). Para cada periódico selecionou-se a opção *artigos, os anos 1998-2016* e o termo de busca '*explanation*' e a *ordenação por número de citações*. Com isso descobre-se qual o artigo com maior número de citações de cada uma das revistas selecionadas (tabela 1.). Estes artigos foram lidos e as possíveis variações de *explanation* encontradas foram estabelecidas como as palavras chave.

Tabela 1.
Artigos com maior número de citações
e relacionados à Explicação (*Explanation*) de cada revista

<i>Periódico</i>	<i>Artigo</i>	<i>n° de citações</i>	<i>n° de artigos encontrados</i>
<i>Science Education</i> (SE)	(Sandoval e Reiser, 2004)	202	169
<i>International Journal of Science Education</i> (IJSE)	(Newton <i>et al.</i> , 1999)	194	190
<i>Journal of Research in Science Teaching</i> (JRST)	(Schwarz <i>et al.</i> , 2009)	189	106

3. Busca e seleção inicial dos artigos: a busca de artigos foi feita também na plataforma eletrônica da *Web of Science* (<http://isiknowledge.com/>). Nesta selecionou-se o periódico (*Science Education*), o recorte dos anos (1998-2016), o tipo de documento (*artigo*) e usou-se como termo de busca *expla**. O asterisco (*) é o termo de truncagem mais flexível desses símbolos, pois recupera qualquer quantidade de caracteres, inclusive nenhum, desta forma permitindo achar qualquer das palavras chave relacionadas à Explicação. Os termos '*explication*' e '*explicate*' foram separadamente buscados, pois numa primeira busca para a revista *Science Education*, ao se usar *expl**, foram encontrados 517 artigos, mas este número de artigos era superdimensionado por abarcar palavras como '*explicit*', '*explore*', '*explicitly*'. Nenhum dos artigos com exclusivamente os termos *explication* ou *explicate* foram selecionados na segunda triagem que será posteriormente explicada. Esta busca separada, usando-se *expla** permitiu restringir para iniciais 248 artigos.

Tabela 2.
Critérios da seleção inicial de busca

<i>Crítérios</i>	
Tópico (termo de busca):	<i>expla*explication/explicate</i>
Nome da Publicação (periódico):	<i>Science Education</i> (SE)
Tipo de documento:	<i>article</i>
Anos da publicação:	1998-2016

4. Triagem secundária dos artigos: Para esta segunda triagem foram lidos o título, o resumo (*abstract*) e as palavras-chave disponibilizados pela plataforma dos 256 artigos encontrados. A intenção aqui foi excluir artigos em que as palavras-chave não se referiam ao conteúdo mas eram usados como um verbo em um sentido genérico. A presença de termos como *Explanation* nas palavras-chave automaticamente incluía o artigo na seleção final.

RESULTADOS

Foram publicados na revista *Science Education* (SE), entre os anos de 1998 e 2016, 1250 artigos. Aproximadamente 20% deles, 256 artigos, apresentavam ao menos uma das palavras chave (*Explanation*, *Explain*, *Explication*, *Explicate*, *Explained*, *Explaining*, *Explanatory*). Apenas um artigo apresentava a palavra chave '*explication*', sendo que este também apresentava '*explanation*' em seu título e resumo. Oito artigos apresentavam '*explicate*' em seu resumo, mas em todos eles o termo tinha sentido de verbo genérico. A partir do tópico de busca '*expla**', foram encontrados 248 artigos. Pode-se inferir então que o que chamamos de explicação em português aparece nos textos da área como *explanation* e não como *explication*.

Tabela 3.
Quantidade de artigos encontrados na revista
Science Education que apresentava alguma das palavras-chave

Tópico (palavra chave)	Nº de artigos
Explication	1*
Explicate	8
Expla*	248
Total de artigos	256*

* O total de artigos é determinado pela soma dos artigos encontrados para os diferentes tópicos menos um referente ao artigo que continha tanto a palavra-chave 'explication' como 'explanation', logo não devendo ser contado duas vezes.

O tópico 'expla*' contempla, por causa do termo de truncagem (*), as variações de palavras chave 'explanation', 'explain', 'explained', 'explaining' e 'explanatory'. Foram encontrados 248 artigos a partir deste tópico de busca, mas aproximadamente 48% (118 artigos) usavam alguma dessas palavras-chave apenas com um sentido genérico de verbo e não se referiam à explicação na educação científica. Assim, dos 248 artigos, foram considerados válidos apenas 130, já que nesses alguma das variações de explicação encontrada se referiam ao conteúdo da argumentação na educação científica.

Tabela 4.
Quantidade de artigos que apresentavam alguma
das palavras chave 'explanation', 'explain', 'explained',
'explaining' ou 'explanatory' considerados válidos e excluídos

Artigos	Nº
Considerados válidos	130
Excluídos	118
Total de artigos	248

Do total de 1250 artigos publicados na revista *Science Education* durante o período de 1998-2016 aproximadamente 10% relacionaram-se de alguma forma com "explicação". Dos 130 artigos considerados válidos as palavras-chave foram encontradas em 29 títulos dos artigos, 92 resumos apresentaram ao menos uma das palavras chave, podendo conter às vezes repetidas e diversas palavras e 54 dos artigos tinham alguma das palavras buscadas como palavras-chave do próprio artigo (tabela 5). Alguns artigos podiam ter alguma das palavras buscadas em dois ou três locais diferentes, havendo todas as combinações possíveis (título + resumo; título + palavras-chave; título + resumo + palavras-chave; resumo + palavras-chave; ou cada um individualmente).

Tabela 5.
Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras buscadas, e com sentido válido, por local onde se encontrava

Local	Nº de artigos*
Título	29
Resumo	92
Palavras-chave	54

* A soma do número de artigos aqui é superior ao número de artigos considerados válidos pois os termos de busca poderiam estar em mais de um local.

O gráfico abaixo apresenta o número de artigos que apresenta menção válida de "Explicação" publicados anualmente na literatura ao longo do período abrangido. Este gráfico visava identificar as tendências cronológicas na literatura de explicação. Também interessava comparar com a tendência na área em relação à argumentação (Erduran *et al.*, 2015), e, por fim, buscar aferir se os artigos polêmicos (Osborne e Patterson, 2011; Berland e McNeill, 2012; Osborne e Patterson, 2012) que tratavam da distinção entre argumentos e explicações tiveram alguma influência na tendência da área.

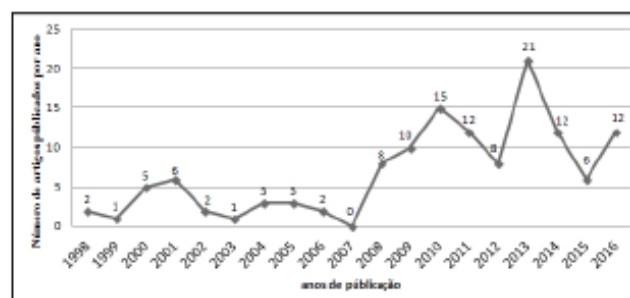


Fig. 1. Número de artigos envolvendo explicação publicados por ano entre 1998 e 2016 na revista *Science Education*

Pode-se observar, principalmente a partir de 2007, uma tendência de aumento do número de trabalhos que apresenta menção válida de "Explicação". Nos nove anos anteriores a 2007 a média de artigos relacionados à explicação é menor que três artigos por ano, sendo que o maior número de artigos é 6 em 2001. Nos nove anos que sucedem 2007 a média de artigos publicados por ano é superior a 11, sendo que o ano com menor número de trabalhos é 2015 com 6, número igual ao ano com mais publicações antes de 2007. Pode-se observar também um pico em 2013, quando são encontrados 21 artigos relacionados a explicação.

CONCLUSÃO

O estabelecimento das palavras-chave a partir da leitura integral dos artigos com maior número de citações de cada uma das principais revistas da área (ERDURAN *et al.*, 2015) permitiu chegar às variações em que a tradução para o inglês de 'explicação' pode ocorrer, a saber: *explanation, explain, explication, explicate, explained, explaining, explanatory*. Em português 'explicação' é melhor tratizado como 'explanation' do que como 'explication'.

Conclui-se haver uma valorização da explicação na área de ensino de ciências evidenciada pela tendência de aumento, ao longo dos anos, do número de artigos que mencionam o termo. Foram publicados, nos 19 anos amostrados, na revista *Science Education* 1250 artigos, dos quais 256 apresentavam pelo menos alguma das palavras-chave em algum dos tópicos buscados (*title, abstract, Keywords*). Em aproximadamente metade desses artigos o sentido de explicação era de um verbo genérico, mas 130 artigos, o que corresponde a aproximadamente 10% dos artigos totais publicados, tratavam das explicações como um conteúdo. Essa porcentagem demonstra a importância que as explicações apresentam na área do ensino de ciências. Vale considerar que Erduran *et al.* (2015) aferiu que num período equivalente - a amostragem considerada foi de 1998-2014-, 5% dos artigos estavam relacionados com argumentação. Logo há duas vezes mais artigos relacionados a explicação que a argumentos em período semelhante. Esse número concorda com a afirmação de Martins *et al.* (1999) de que existiria quase um consenso de que explicar é, possivelmente, a tarefa mais fundamental de um professor de Ciências. De acordo com a autora o tópico explicação, apesar de sua reconhecida importância, era negligenciado.

Por fim pode-se imaginar que o pico de publicações que ocorre em 2013 tenha alguma relação com os artigos que levantaram a polêmica sobre a importância ou não de diferenciar-se argumentos de explicações (Osborne e Patterson, 2011; Berland e McNeill, 2012; Osborne e Patterson, 2012). Isso já que estes artigos foram publicados na *Science Education* nos anos de 2011 e 2012 e poderiam ter estimulado o estudo de explicações. Os impactos na área seriam sentidos não imediatamente, mas proximamente, ou seja em 2013, tendo assim promovido o pico de 21 artigos publicados.

REFERÊNCIAS

- BERLAND, L.K., MCNEILL, K. L. (2012) For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 808-813.
- ERDURAN, S., OZDEM, Y., PARK, J.Y. (2015) Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, v. 2, n. 1, p. 1.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). A framework for K-12 science education. Washington, DC: National Academies Press.
- NEWTON, P., DRIVER, R., OSBORNE, J. (1999) The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 5, p. 553-576.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. (2015). PISA 2015. Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2015. Paris: OECD.
- OSBORNE, J., PATTERSON, A. (2012) Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 814-817.
- (2011) A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, v. 95, n. 4, p. 627-638.
- SANDOVAL, W. A., REISER, B. J. (2004) Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, v. 88, n. 3, p. 345-372.
- SCHWARZ, C. V. *et al.* Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 6, p. 632-654.

ANEXO B: Pôster do trabalho sobre Explicação na Educação Científica publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4611-4616”



EXPLICAÇÃO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UM PANORAMA (1998 A 2016) DA SCIENCE EDUCATION Explanation in scientific education: an overview (1998 to 2016) of SCIENCE EDUCATION

Thiago Marinho Del-Corso¹, Sílvia Luzia Frateschi Trivelato²/ Universidade de São Paulo/ ¹thiaqodelcorso@usp.br, ²siffrive@usp.br

Objetivo

Investigar a frequência de publicações sobre Explicações na revista *Science Education* no período de 1998 a 2016.

Metodologia

Exame sistemático da literatura de pesquisa educacional inspirada no trabalho de Erduran *et al.* (2015) que revisou a literatura sobre Argumentação.

Etapa (1): Seleção do periódico e anos de publicação a serem revisados: *Science Education* (SE), no período de 1998-2016.

Por que?

- periódico com um dos maiores índices de impacto na área da pesquisa em educação científica
- uma das revistas revisadas no trabalho de Erduran *et al.* (2015), assim possibilitando comparações
- palco dos artigos envolvendo a polêmica da importância e necessidade ou não de se diferenciar argumentos de explicações (Osborne e Patterson, 2011; Berland e McNeill, 2012; Osborne e Patterson, 2012)

Etapa (2): Identificação das palavras chave: *Explanation, Explain, Explication, Explicate, Explained, Explaining, Explanatory*

Como?

- base de dados eletrônica da Web of Knowledge (<http://isiknowledge.com/>)
- leitura dos artigos com maior número de citações e relacionados à Explicação (*Explanation*) de cada revista (*Science Education, International Journal of Science Education* e *Journal of Research in Science Teaching*)

Etapa (3): Triagem inicial dos artigos.

Como?

- periódico (*Science Education*), o recorte dos anos (1998-2016), o tipo de documento (artigo) e usou-se como termo de busca *expla**. (O asterisco (*) é o termo de truncagem mais flexível desses símbolos, pois recupera qualquer quantidade de caracteres, inclusive nenhum, desta forma permitindo achar qualquer das palavras chave relacionadas à Explicação)
- os termos *'explication'* e *'explicate'* foram separadamente buscados

Etapa (4): Triagem secundária de artigos

Por que?

- excluir artigos em que as palavras-chave não se referiam ao conteúdo mas eram usadas como um verbo em um sentido genérico
- Como:
- leitura do título, resumo (*abstract*) e das palavras-chave

Conclusão

"Explicação" tem melhor tradução para "explanation" do que para "explication".

Conclui-se haver uma valorização da explicação na área de ensino de ciências evidenciada pela tendência de aumento, ao longo dos anos, do número de artigos que mencionam o termo.

Por fim pode-se imaginar que o pico de publicações que ocorre em 2013 tenha alguma relação com os artigos que levantaram a polêmica sobre a importância ou não de diferenciar-se argumentos de explicações.

Bibliografia

- Erduran, S., Ozdem, Y., Park, J.Y. (2015) Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, v. 2, n. 1, p. 1.
- Martins, I., Ogborn, J., Kress, G. (1999) EXPLICANDO UMA EXPLICAÇÃO. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, p. 25-38.
- Osborne, J., Patterson, A. (2011) A Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, v. 95, n. 4, p. 627-638.

X Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (Sevilla, 2017)

Marco Teórico

Martins *et al.* afirmavam em 1999 que haveria quase um consenso que explicar seria, possivelmente, a tarefa mais fundamental de um professor de ciências, mas que a despeito do papel crucial das explicações na comunicação da ciência, e no ensino de ciências, o tópico não vinha sendo tratado como objeto de investigação sistemática na área de ensino de ciências.

A importância das Explicações pode ser observada hoje em importantes documentos balizadores do ensino de ciências no mundo como o PISA ou o NRC Americano.

Osborne e Patterson publicam em 2011 um polêmico trabalho com o intuito de distinguir argumentos de explicações, alegando que a falta de distinção entre estes conceitos representa uma fraqueza no campo de pesquisa do ensino de Ciências.

Resultados

Foram publicados na revista *Science Education* (SE), entre os anos de 1998 e 2016, 1250 artigos. Aproximadamente 20% deles, 256 artigos, apresentavam ao menos uma das palavras chave (*Explanation, Explain, Explication, Explicate, Explained, Explaining, Explanatory, Explicationn, Explicate*).

Tabela 1. Quantidade de artigos encontrados na revista *Science Education* que apresentava alguma das palavras-chave

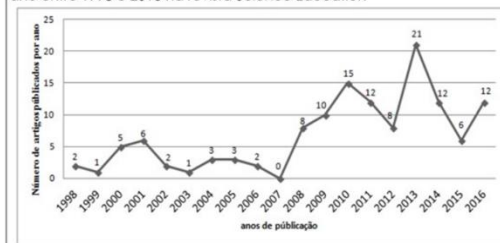
Tópico (palavra chave)	Nº de artigos
Explication	1*
Explicate	8
Expla*	248
Total de artigos	256*

Aproximadamente 50% (127 artigos) usavam alguma das palavras-chave com um sentido genérico de verbo e não se referiam à explicação na educação científica.

Tabela 2. Quantidade de artigos que apresentavam alguma das palavras chave considerados válidos e excluídos

Artigos	Nº de artigos
Considerados válidos	129
Excluídos	127
Total de artigos	256

Figure 1. Número de artigos envolvendo explicação publicados por ano entre 1998 e 2016 na revista *Science Education*



ANEXO C: Quadro Geral de Registro das Aplicações da SEI “O Mundo Microscópico”

O quadro abaixo apresenta o registro geral e sistemático das aplicações da SEI –“O Mundo Microscópico”- das quais derivam os dados analisados. Este quadro foi desenvolvido, como anteriormente apresentado, baseado em Franco (2018).

Instituição	Data, Dia da semana, período e duração	Título e descrição da aula	Nível de Investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Professor e suas anotações	Observador e suas anotações	Turma nº estudantes e disciplina	Áudio-Vídeo gravações (nome do arquivo)	Artefatos Digitalizados e Digitados (nomes dos arquivos)
EA-USP	19/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Introdutória A professora se apresentou para turma e vice-versa. Propôs uma atividade em que os estudantes pensavam e escreviam características dos seres vivos e depois sistematizava e debatia as mesmas. Por fim de modo dialogado expositivo apresentou os Níveis de Organização dos Seres Vivos	Não investigativa	Nathália Helena Azevedo	ninguém	2º EM – II (+- 30 estudantes)	Avg0_EA_01 Avg0_EA_02 Avg0_EA_03	Digitalização/ Escâner: Rat0_EA_01 Digitação (Word/Pdf): Não há
EAFEUSP	26/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os alunos com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução ao prosseguimento de uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação, apresentando para este último objetivo as partes canônicas que compõe um relatório de investigação. Para este tópico os alunos recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios.	2 – Investigação estruturada	Nathália Helena Azevedo	Rodrigo e João	2º EM – II (+- 30 alunos)	Avg1_EA_01 Avg1_EA_02 Avg1_EA_03 Avg1_EA_04 Avg1_EA_05	Digitalização/ Escâner: Rat1_EA_01 Rat1_EA_02 Rat1_EA_03 Rat1_EA_04 Rat1_EA_05 Rat1_EA_06 Rat1_EA_07
EAFEUSP	09/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.	2 – Investigação estruturada	Nathália Helena Azevedo	Rodrigo e Paula	2º EM – II (+- 30 alunos). Aula conjunta com o 2º EM - I	Avg2_EA_01 Avg2_EA_02 Avg2_EA_03 Avg2_EA_04 Avg2_EA_05 Avg2_EA_06	Digitalização/ Escâner: Rat2_EA_01 Rat2_EA_02 Rat2_EA_03 Rat2_EA_04 Rat2_EA_05 Rat2_EA_06
EAFEUSP	16/11/2016 Quarta-feira	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve,	2/3 - investigação entre	Nathália Helena Azevedo	Paula, Maíra e Thiago	2º EM – II (+- 30 alunos)	Avg3_EA_01 Avg3_EA_02 Avg3_EA_03	Digitalização/ Escâner: Rat3_EA_01

	Vespertino 2h	flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha.	estruturada e orientada					Avg3_EA_04	Rat3_EA_02 Rat3_EA_03 Rat3_EA_04 Rat3_EA_05 Rat3_EA_06
EAFEUSP	23/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Representação 3D Tridimensional de uma Célula Os alunos devem buscar uma representação tradicional de uma célula num livro didático e transformar a mesma em uma representação tridimensional usando meias esferas de isopor, gel de ultrassom e massinhas de modelar.	Não investigativa	Nathália Helena Azevedo	Marsílio	2º EM – II (+ 30 alunos)		Avg4_EA_01 Avg4_EA_02	Digitalização/ Escâner: Rat4_EA_01 Rat4_EA_02 Rat4_EA_03 Rat4_EA_04 Rat4_EA_05 Rat4_EA_06
EAFEUSP	30/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula de Fechamento da SEI Os alunos recebem suas anotações da aula de replicação de experimento histórico de Robert Hooke e a cortiça e faz-se uma simulação, como se eles fossem ajudantes de Robert Hooke e precisassem, a pedido desse, escrever uma carta para a Royal Society relatando a investigação acerca da cortiça. Os alunos podem debater em grupo, mas devem escrever a carta individualmente.	Aula não investigativa, mas que remete a uma investigação	Nathália Helena Azevedo	Paula	2º EM – II (+ 30 alunos)		Avg5_EA_01 Avg5_EA_02 Avg5_EA_03 Avg5_EA_04 Avg5_EA_05	Digitalização/ Escâner: Rat5_EA_01 Rat5_EA_02 Rat5_EA_03 Rat5_EA_04 até Rat5_EA_24
EAFEUSP	19/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Introdutória O professor se apresentou para turma e vice versa. Propôs uma atividade em que os alunos pensavam e escreviam características dos seres vivos e depois sistematizava e debatia as mesmas. Por fim de modo dialogado expositivo apresentou os Níveis de Organização dos Seres Vivos	Não investigativa	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	2º EM – I (+ 30 alunos)		Avg0_EA_04 Avg0_EA_05	Não há registro
EAFEUSP	26/10/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula “Leeuwenhoek e os tecidos” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os alunos com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução ao prosseguimento de uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação, apresentando para este último objetivo as partes canônicas que compõe um relatório de investigação. Para este tópico os alunos recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios.	2 – Investigação estruturada	Thiago Marinho Del Corso	Rodrigo e João	2º EM – I (+ 30 alunos)	Não há registro		Digitalização/ Escâner: Rat1_EA_07 Rat1_EA_08 Rat1_EA_09 Rat1_EA_10 Rat1_EA_11 Rat1_EA_12 Rat1_EA_13 Rat1_EA_14 até Rat1_EA_19

EAFEUSP	09/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.	2 Investigação estruturada	-	Thiago Marinho Del Corso		2° EM – I (+ 30 alunos)	Não há registro	Digitalização/ Escâner: Rat2_EA_07 Rat2_EA_08 Rat2_EA_09 até Rat2_EA_15
EAFEUSP	16/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha.	2/3 investigação entre estruturada e orientada	-	Nathália Helena Azevedo	Paula, Maíra e Thiago	2° EM – I (+ 30 alunos). A aula foi conjunta com o 2o EM - II	Avg3_EA_05 Avg3_EA_06 Avg3_EA_07 Avg3_EA_08	Digitalização/ Escâner: Rat3_EA_07 Rat3_EA_08 Rat3_EA_09 Rat3_EA_10 até Rat3_EA_15
EAFEUSP	23/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula Representação 3D Tridimensional de uma Célula Os alunos devem buscar uma representação tradicional de uma célula num livro didático e transformar a mesma em uma representação tridimensional usando meias esferas de isopor, gel de ultrassom e massinhas de modelar.	Não investigativa		Thiago Marinho Del Corso	Marsflio	2° EM – I (+ 30 alunos)	Não há registro	Digitalização/ Escâner: Rat3_EA_01 até Rat3_EA_15
EAFEUSP	30/11/2016 Quarta-feira Vespertino 2h	Aula de Fechamento da SEI Os alunos recebem suas anotações da aula de replicação de experimento histórico de Robert Hooke e a cortiça e faz-se uma simulação, como se eles fossem ajudantes de Robert Hooke e precisassem, a pedido desse, escrever uma carta para a Royal Society relatando a investigação acerca da cortiça. Os alunos podem debater em grupo, mas devem escrever a carta individualmente.	Aula não investigativa , mas que remete a uma investigação		Thiago Marinho Del Corso		2° EM – I (+ 30 alunos)	Não há registro	Digitalização/ Escâner: Rat5_EA_25 Rat5_EA_26 Rat5_EA_27 Rat5_EA_28 até Rat5_EA_47

Instituição	Data, Dia da semana, período e duração	Título e descrição da aula	Nível de Investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Professor e suas anotações	Observador e suas anotações	Turma nº e disciplina	Áudio-Vídeo gravações (nome do arquivo)	Artefatos Digitalizados e Digitados (nomes dos arquivos)
SESI	13/09/2017 Quarta-feira Noturno 3h	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia Celular e Molecular	Não há registro	Digitalização/Escâner: Rat1_FS17_01 Rat1_FS17_02 Rat1_FS17_03 Rat1_FS17_04 até Rat1_FS17_09
SESI	20/09/2017 Quarta-feira Noturno 3h	Aula “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os alunos com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução ao prosseguimento de uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação, apresentando para este último objetivo as partes canônicas que compõe um relatório de investigação. Para este tópico os alunos recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios.		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia Celular e Molecular	Não há registro	Digitalização/Escâner: Rat3_FS17_08 Rat3_FS17_09 Rat3_FS17_10 Rat3_FS17_11 Rat3_FS17_12 Rat3_FS17_13 Rat3_FS17_14 Rat3_FS17_15 Rat3_FS17_16 Rat3_FS17_17
SESI	27/09/2017 Quarta-feira Noturno 3h	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha.		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia Celular e Molecular	Não há registro	Digitalização/Escâner: Rat4_FS17_10 Rat4_FS17_11 Rat4_FS17_12 Rat4_FS17_13 Rat4_FS17_14 Rat4_FS17_15 Rat4_FS17_16
SESI	29/09/2017 Sexta-feira Noturno 3h	Aula Desenvolvimento Investigações Autorais Os alunos tiveram o tempo da aula para desenvolver as próprias investigações autorais. Cada dupla tinha um tema próprio e o espaço e equipamentos do laboratório foram disponibilizados		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia	Não há registro	Não há registro de aula

SESI	29/09/2017 Sexta-feira Noturno 3h	Aula Apresentação das Investigações Autorais Os alunos apresentaram as investigações autorais para os outros colegas e o professor.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Celular e Molecular Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia Celular e Molecular	Não há registro	Power Points: Ppt5_FS17_01 Ppt5_FS17_02 Ppt5_FS17_03 Ppt5_FS17_04
SESI	11/04/2018 Quarta-feira Noturno 1h	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e e Interdependên cia da Vida	Avg1_FS_01 Avg1_FS_02 Avg1_FS_03 Avg1_FS_04	Registros ao final da investigação
SESI	24/04/2018 Terça-feira Noturno 1h	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”	SESI	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e e Interdependên cia da Vida	Avg1_FS_05 Avg1_FS_06 Avg1_FS_07	Registros ao final da investigação
SESI	25/04/2018 Quarta-feira Noturno 1h	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”	SESI	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e e Interdependên cia da Vida		Registro entregue no último dia/aula do tema
SESI	02/05/2018 Quarta-feira Noturno 1h	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”	SESI	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e e	Avg1_FS_08 Avg1_FS_09 Avg1_FS_10 Avg1_FS_11	Rat3_FS18_06 Rat3_FS18_07

SESI	08/05/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os alunos com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução ao prosseguimento de uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação, apresentando para este último objetivo as partes canônicas que compõe um relatório de investigação. Para este tópico os alunos recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Interdependência da Vida Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidade e Interdependência da Vida	Avg3_FS18_01 Avg3_FS18_02	Registro entregue no último dia/aula do tema
SESI	09/05/2018 Quarta-feira Noturno 1h	Continuação Aula “Leeuwenhoeck e os tecidos” (têxteis)	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidade e Interdependência da Vida	Avg3_FS18_03 Avg3_FS18_04 Avg3_FS18_05 Avg3_FS18_06	Rat3_FS18_06 Rat3_FS18_07
SESI	22/05/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidade e Interdependência da Vida	Avg4_FS18_01 Avg4_FS18_02	Rat4_FS18_06 Rat4_FS18_07
SESI	19/06/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula Desenvolvimento Investigações Autorais Os alunos tiveram o tempo da aula para desenvolver as próprias investigações autorais. Cada dupla tinha um tema próprio e o espaço e equipamentos do laboratório foram disponibilizados	Thiago Del Corso Um grupo esteve presente (Giovanna, Gustavo e Stefany)	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidade e Interdependência da Vida	Não há registro	Registro entregue no último dia/aula do tema

SESI	05/06/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula Apresentação das Investigações Autorais Os alunos apresentaram as investigações autorais para os outros colegas e o professor.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e Interdependên cia da Vida	Não há registro	Registro entregue no último dia/aula do tema
SESI	12/06/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula Apresentação das Investigações Autorais Os alunos apresentaram as investigações autorais para os outros colegas e o professor.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e Interdependên cia da Vida	Avg5_FS18_01 Avg5_FS18_02	Registro entregue no último dia/aula do tema
SESI	19/06/2018 Terça-feira Noturno 1h	Aula Apresentação das Investigações Autorais Os alunos apresentaram as investigações autorais para os outros colegas e o professor.	Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2018 6 alunos Biodiversidad e Interdependên cia da Vida	Avg5_FS18_03	Rat5_FS18_01 Rat5_FS18_02

Instituição	Data, Dia da semana, período e duração	Título e descrição da aula	Nível de Investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Professor e suas anotações	Observador e suas anotações	Turma nº estudantes e disciplina	Áudio-Vídeo gravações (nome do arquivo)	Artefatos Digitalizados e Digitados (nomes dos arquivos)
Colégio Brasília	09/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.		Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA, 7ªB, 7ºC do EF-II + 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_01 Avg1_CB_02 Avg1_CB_03 Avg1_CB_04 Avg1_CB_05 Avg1_CB_06 Avg1_CB_07	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	16/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”		Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA, 7ªB, 7ºC do EF-II + 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_08 Avg1_CB_09 Avg1_CB_10 Avg1_CB_11	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	16/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”		Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA, 7ªB, 7ºC do EF-II + 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_12 Avg1_CB_13 Avg1_CB_14 Avg1_CB_15	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	23/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”		Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA, 7ªB, 7ºC do EF-II + 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_16 Avg1_CB_17 Avg1_CB_18 Avg1_CB_19 até Rat1_CB_35	Rat1_CB_01 Rat1_CB_02 Rat1_CB_03 Rat1_CB_04 até Rat1_CB_21

Colégio Brasília	30/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”. Nesta aula os relatórios são devolvidos e os alunos recebem a ficha com a atividade 1.2 em que devem buscar semelhanças e diferenças de suas descrições, desenhos e explicação com as feitas por Robert Hooke.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_21 Avg1_CB_22 Avg1_CB_23 Avg1_CB_24 Avg1_CB_25	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	30/05/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Continuação Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga”. Nesta aula os relatórios são devolvidos e os alunos recebem a ficha com a atividade 1.2 em que devem buscar semelhanças e diferenças de suas descrições, desenhos e explicação com as feitas por Robert Hooke.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg1_CB_26 Avg1_CB_27 Avg1_CB_28 Avg1_CB_29 até Rat1_CB_73	Rat1_CB_36 Rat1_CB_37 Rat1_CB_38 Rat1_CB_39 até Rat1_CB_57
Colégio Brasília	20/06/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Submarino É proposto um desafio/problema para os alunos com um aparato que simula o funcionamento de um submarino. Trata-se de uma atividade baseada naquelas propostas pelo LAPEF para o conhecimento físico. O intuito aqui foi de promover o aprendizado de conceitos de fluabilidade e densidade.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg2_CB_01 Avg2_CB_02 Avg2_CB_03 Avg2_CB_04 Avg2_CB_05	Rat2_CB_01 Rat2_CB_02 Rat2_CB_03 Rat2_CB_04 Rat2_CB_05 até Rat2_CB_15
Colégio Brasília	05/09/2018 Quarta-feira Diurno 50'min (cada turma)	Aula Leeuwenhoek e os Tecidos PARTE I É proposto um desafio/problema: Os alunos devem ordenar de forma crescente tecidos (têxteis). Para isso têm que desenvolver a metodologia para isso. Foram disponibilizados 5 diferentes tecidos. E uma ficha com informações, comandas e um texto histórico. Os alunos devem apresentar os resultados na forma de um relatório de investigação.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg3_CB_01 Avg3_CB_02 Avg3_CB_03 Avg3_CB_04 Avg3_CB_05 Até Avg3_CB_54	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	12/09/2018 Quarta-feira Diurno 50'min (cada turma)	Aula Leeuwenhoek e os Tecidos PARTE II É proposto um desafio/problema: Os alunos devem ordenar de forma crescente tecidos (têxteis). Para isso têm que desenvolver a metodologia para isso. Foram disponibilizados 5 diferentes tecidos. E uma ficha com informações, comandas e um texto histórico. Os alunos devem apresentar os resultados na forma de um relatório de investigação.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg3_CB_55 Avg3_CB_56 Avg3_CB_57 Avg3_CB_58 Avg3_CB_59 Avg3_CB_60 até Avg3_CB_72	Registro entregue no último dia/aula do tema

Colégio Brasília	20/09/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Leeuwenhoek e os Tecidos PARTE III (7ºB) É proposto um desafio/problema: Os alunos devem ordenar de forma crescente tecidos (têxteis). Para isso têm que desenvolver a metodologia para isso. Foram disponibilizados 5 diferentes tecidos. E uma ficha com informações, comandas e um texto histórico. Os alunos devem apresentar os resultados na forma de um relatório de investigação.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºB do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg3_CB_73 Avg3_CB_74 Avg3_CB_75 Avg3_CB_76	Rat3_CB_15 Rat3_CB_16 Rat3_CB_17 Rat3_CB_18 Rat3_CB_19 Rat3_CB_20
Colégio Brasília	03/10/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Leeuwenhoek e os Tecidos PARTE III (7ºs A e C). É proposto um desafio/problema: Os alunos devem ordenar de forma crescente tecidos (têxteis). Para isso têm que desenvolver a metodologia para isso. Foram disponibilizados 5 diferentes tecidos. E uma ficha com informações, comandas e um texto histórico. Os alunos devem apresentar os resultados na forma de um relatório de investigação.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA e 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg3_CB_76 Avg3_CB_77 Avg3_CB_78 Avg3_CB_79 Avg3_CB_80 Avg3_CB_81 Avg3_CB_82 Avg3_CB_90	Rat3_CB_01 Rat3_CB_02 Rat3_CB_03 Rat3_CB_04 Rat3_CB_05 Rat3_CB_06 Rat3_CB_07 até Rat3_CB_14
Colégio Brasília	03/10/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha. PARTE I (7ºB)	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºB do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg4_CB_01 Avg4_CB_02 Avg4_CB_03 Avg4_CB_04	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	10/10/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha. PARTE II - Final (7ºB) e PARTE I (7ºA e 7ºC)	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ºA, 7ºB, 7ºC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg4_CB_05 Avg4_CB_06 Avg4_CB_07 Avg4_CB_08 Avg4_CB_09 Avg4_CB_10 Avg4_CB_11 Avg4_CB_12 Avg4_CB_13 Avg4_CB_14 Até Avg4_CB_24	Rat4_CB_02 Rat4_CB_03 Rat4_CB_04

Colégio Brasília	17/10/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula “Robert Hooke e a Cortiça” e os alunos investigavam, buscando explicações na estrutura microscópica da cortiça, motivos pelos quais este material de origem vegetal é tão leve, flutua tão bem e é elástico. Para desenvolver esta investigação foram fornecidos cilindros de cortiça (rolhas) e de outros vegetais para comparação (cenoura, batata doce e inglesa, chuchu e abobrinha). Cada grupo fez também lâminas de cortiça (da árvore Quercus suber) e de um dos vegetais a sua escolha. PARTE II Final (7ªA e 7ªC)	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA e 7ªC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg4_CB_25 Avg4_CB_26 Avg4_CB_27 Avg4_CB_28 Avg4_CB_29 Avg4_CB_30 Avg4_CB_31 Avg4_CB_32 Avg4_CB_33	Rat4_CB_01 Rat4_CB_05 Rat4_CB_06 Rat4_CB_07 Rat4_CB_08 Rat4_CB_09 Rat4_CB_10
Colégio Brasília	17/10/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Desenvolvimento Investigações Autorais Os alunos tiveram o tempo da aula para desenvolver as próprias investigações autorais. Cada grupo tinha um tema próprio e o espaço e equipamentos do laboratório foram disponibilizados	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªB do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg5_CB_01 Avg5_CB_02 Avg5_CB_03 Avg5_CB_04 Avg5_CB_05	Rat5_CB_01 Rat5_CB_02 Rat5_CB_03 Rat5_CB_04 Rat5_CB_05 Rat5_CB_06
Colégio Brasília	07/11/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Desenvolvimento Investigações Autorais Os alunos tiveram o tempo da aula para desenvolver as próprias investigações autorais. Cada grupo tinha um tema próprio e o espaço e equipamentos do laboratório foram disponibilizados	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA e 7ªC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg5_CB_06 Avg5_CB_07 Avg5_CB_08 Avg5_CB_09 até Avg5_CB_23	Registro entregue no último dia/aula do tema
Colégio Brasília	14/11/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Desenvolvimento Investigações Autorais Os alunos tiveram o tempo da aula para desenvolver as próprias investigações autorais. Cada grupo tinha um tema próprio e o espaço e equipamentos do laboratório foram disponibilizados	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA e 7ªC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg5_CB_24 Avg5_CB_25 Avg5_CB_26 Avg5_CB_27 Avg5_CB_28 até Avg5_CB_32	Rat5_CB_07 Rat5_CB_08 Rat5_CB_09 Rat5_CB_10 Rat5_CB_11 até Rat5_CB_15
Colégio Brasília	21/11/2018 Quarta-feira Diurno 50'min	Aula Apresentação das Investigações Autorais Os alunos apresentaram as investigações autorais para os outros colegas e o professor.	Marcio Gato	Thiago e Bia (laboratorista)	7ªA, 7ªB e 7ªC do EF-II +- 30 alunos por sala Disciplina: Laboratório de Ciências	Avg5_CB_33 Avg5_CB_34 Avg5_CB_35 Avg5_CB_36 até Avg5_CB_45	Sem registro escrito

Instituição	Data, Dia da semana, período e duração	Título e descrição da aula	Nível de Investigação segundo Banchi e Bell (2008)	Professor e suas anotações	Observador e suas anotações	Turma nº e disciplina	Áudio-Vídeo gravações (nome do arquivo)	Artefatos Digitalizados e Digitados (nomes dos arquivos)
SESI	13/09/2019 Quarta-feira Noturno 3h	Aula “Robert Hooke e o Salto da Pulga” e os alunos eram desafiados a buscar na estrutura microscópica das pulgas, observadas ao microscópio óptico, motivos que explicariam o porquê das pulgas saltarem tão alto. Para tal investigação os alunos receberam amostras de pulgas conservadas em álcool 70°GL. Tinham também que comparar seus desenhos com o original de Hooke, assim como a descrição.		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia e Celular e Molecular	Não há registro	Digitalização/Escâner: Rat1_FS17_01 Rat1_FS17_02 Rat1_FS17_03 Rat1_FS17_04 até Rat1_FS17_09
SESI	20/09/2017 Quarta-feira Noturno 3h	Aula “Leeuwenhoek e os tecidos” (têxteis) e tinha a intenção de ensinar e familiarizar os alunos com o funcionamento do microscópio óptico, de ser uma introdução ao prosseguimento de uma investigação científica e de familiarizar e ensinar como se comunica uma investigação científica através de um relatório de investigação, apresentando para este último objetivo as partes canônicas que compõe um relatório de investigação. Para este tópico os alunos recebiam diferentes amostras de tecidos (têxteis), com diferentes quantidades de fios constituintes de suas tramas, e eram convidados a ordenar de forma crescente as amostras por quantidade de fios.		Thiago Marinho Del Corso	ninguém	Licenciatura Ciências Natureza 2017 +- 22 alunos Biologia e Celular e Molecular	Não há registro	Digitalização/Escâner: Rat3_FS17_08 Rat3_FS17_09 Rat3_FS17_10 Rat3_FS17_11 Rat3_FS17_12 Rat3_FS17_13 Rat3_FS17_14 Rat3_FS17_15 Rat3_FS17_16 Rat3_FS17_17

ANEXO D: Modelos de Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) menor (inserir nome) sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa “*Alfabetização Científica, como averiguar sua promoção em Sequências Didáticas?*”.

Este documento contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração será de muita importância para nós.

Esta é uma pesquisa, conduzida pelo pesquisador *Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso* e supervisionada pela *Prof.ª Dr.ª Sílvia Luzia Frateschi Trivelato* da Faculdade de Educação da USP.

O objetivo central da pesquisa é averiguar a promoção da Alfabetização Científica e de mudanças nas concepções de natureza da ciência, a produção de explicações e argumentos e práticas epistêmicas em uma atividade investigativa de biologia desenvolvida em diferentes situações de ensino, com replicação de experimentos históricos e uso de microscópios.

Para a coleta de dados às sequências de aulas da disciplina de Biologia do 1º ano do Ensino Médio serão registradas em áudio e vídeo. Os gravadores serão posicionados junto ao (à) professor(a) e aos alunos quando estes estiverem trabalhando em grupo. As gravações serão transcritas para análise e as informações contidas serão utilizadas apenas para fins científicos. As produções escritas dos alunos também serão utilizadas nas análises.

Outras pesquisas coordenadas pelos pesquisadores *Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso* e *Prof.ª Dr.ª Sílvia Luzia Frateschi Trivelato* poderão se utilizar dos dados coletados. Os resultados da pesquisa poderão ser apresentados e publicados em revistas e eventos científicos. As imagens e trechos de áudio não serão utilizados para divulgação em meios de mídia.

A participação nesse estudo é voluntária e se você não autorizar a participação do(a) menor sob sua responsabilidade ou quiser desistir da participação em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. Os registros realizados para a pesquisa não serão utilizados para atribuição de conceitos/notas do(a) aluno(a) na disciplina de Biologia ou quaisquer outras questões escolares.

As identidades dos participantes serão mantidas em absoluto sigilo. A participação não implica em pagamento a nenhum dos participantes. A participação também não implica em despesas por parte dos voluntários. Não há riscos relacionados à pesquisa, uma vez que a mesma será feita no ambiente escolar e durante atividades normalmente realizadas nas aulas de Biologia.

Uma cópia deste termo será entregue a cada participante. Ao término da pesquisa será realizada uma devolutiva dos resultados para os sujeitos envolvidos na mesma.

Eu, (inserir seu nome), residente e domiciliado(a) na

..... (inserir seu endereço completo), portador(a) da Cédula de Identidade (RG).....

inscrito(a) no CPF....., nascido(a) em _____/_____/_____, e-mail

..... e responsável pelo(a) menor

....., fui devidamente orientado(a) sobre a pesquisa “*Alfabetização Científica, como averiguar sua promoção em Sequências Didáticas?*”. e autorizo sua participação.

- D) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- II) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- III) Caso eu desejar, poderei tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa
- Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- VIII) Caso tenham sido tiradas fotografias e imagens em vídeo,
- concordo que sejam incluídas em publicações científicas, se necessário.
- concordo que sejam apresentadas em aulas para profissionais da educação.
- não concordo que sejam incluídas em nenhum tipo de publicação ou apresentação.

São Paulo,de.....de 20.....

Assinatura do(a) responsável pelo(a) menor

Assinatura do Pesquisador Responsável pelo Projeto

(Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso, RG 33.729.444-6, (19)98249-5520, thiagodelcorso@usp.br)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu (inserir nome) estou sendo convidado a participar do projeto de pesquisa “*Alfabetização Científica, como averiguar sua promoção em Sequências Didáticas?*”. Esta é uma pesquisa, conduzida pelo pesquisador Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso e supervisionada pela Prof.^a Dr.^a Sílvia Luzia Frateschi Trivelato da Faculdade de Educação da USP. O presente documento contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo e sua colaboração será de muita importância para nós.

O objetivo central da pesquisa é averiguar a promoção da Alfabetização Científica e de mudanças nas concepções de natureza da ciência, a produção de explicações e argumentos e práticas epistêmicas em atividades investigativas de biologia desenvolvidas em diferentes situações de ensino.

Para a coleta de dados as aulas poderão ser registradas em áudio e vídeo. Os gravadores serão posicionados junto ao(a) professor(a) e aos estudantes quando estes estiverem trabalhando em grupo. As gravações serão transcritas para análise e as informações contidas serão utilizadas apenas para fins científicos. As produções escritas dos estudantes também serão utilizadas nas análises. Outras pesquisas coordenadas pelos pesquisadores Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso e Prof.^a Dr.^a Sílvia Luzia Frateschi Trivelato poderão se utilizar dos dados coletados. Os resultados da pesquisa poderão ser apresentados e publicados em revistas e eventos científicos. As imagens e trechos de áudio não serão utilizados para divulgação em meios de mídia. As identidades dos participantes serão mantidas em absoluto sigilo. A participação nesse estudo é voluntária e se você não quiser participar, ou quiser desistir da participação em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo. Os registros realizados para a pesquisa não serão utilizados para atribuição de conceitos/notas dos estudantes. A participação não implica em pagamento a nenhum dos participantes. A participação também não implica em despesas por parte dos voluntários. Não há riscos relacionados à pesquisa, uma vez que a mesma será feita na faculdade e durante atividades normalmente realizadas nas aulas de Biologia.

Eu, (inserir seu nome), portador(a) da Cédula de Identidade (RG)....., nascido(a) em ____/____/____, e-mail, fui devidamente orientado(a) sobre a pesquisa “*Alfabetização Científica, como averiguar sua promoção em Sequências Didáticas?*” e aceito participar.

- I) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- II) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- III) Caso eu desejar, poderei tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa
 - () Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
 - () Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- VIII) Caso tenham sido tiradas fotografias e imagens em vídeo,
 - () concordo que sejam incluídas em publicações científicas, se necessário.
 - () concordo que sejam apresentadas em aulas para profissionais da educação.
 - () não concordo que sejam incluídas em nenhum tipo de publicação ou apresentação.

São Paulo,de.....de 20.....

Assinatura do(a) estudante

Assinatura do Pesquisador Responsável pelo Projeto

(Prof. Me. Thiago Marinho Del-Corso, RG 33.729.444-6, (19)98249-5520, thiagodelcorso@usp.br)

ANEXO E: Versão Piloto da SEI “O Mundo Microscópico” publicada no “Encontro de Ensino de Ciências por Investigação – EnECI 2017”



Encontro de Ensino de Ciências por Investigação – EnECI 2017
15 a 17 de maio de 2017

O MUNDO MICROSCÓPICO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Thiago Marinho Del-Corso¹, Nathália Helena Azevedo², Sílvia Luzia Frateschi Trivelato³

¹ Universidade de São Paulo/ Doutorando da Faculdade de Educação/ thiagodelcorso@usp.br

² Universidade de São Paulo/ Doutoranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências/ helena.nathalia@usp.br

³ Universidade de São Paulo/ Faculdade de Educação/ siftrive@usp.br

O presente trabalho apresenta as investigações propostas numa Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que têm como eixo norteador episódios históricos associados à história da Citologia. Sasseron (2015) aponta a Alfabetização Científica (AC) como objetivo principal para o ensino de Ciências, e o ensino por investigação (EnCI) como uma *abordagem didática* capaz de congrega os aspectos da cultura escolar e da cultura científica, formando assim uma cultura híbrida científico escolar. O EnCI pode romper com as práticas didáticas comuns que não propiciam o contato com aspectos da cultura científica ou mesmo o conhecimento de que ela existe. Quanto à cultura científica, Allchin (2011) destaca que o uso da história da ciência pode auxiliar a compreensão do conteúdo científico e o desenvolvimento de concepções mais bem informadas sobre como a ciência funciona, como o conhecimento científico é produzido e sobre as relações que a ciência estabelece com a sociedade, a política, a economia e a cultura. Uma SEI caracteriza-se por um encadeamento de atividades em que são propostas investigações acerca de um problema claramente proposto, cabendo ao professor orientar análises, fomentar discussões a partir de textos, materiais, experimentos e observações e comumente propor o problema. Na SEI “O Mundo Microscópico”, cada aula apresenta um texto com a contextualização histórica das atividades práticas do dia e questões que fomentam a construção de argumentos e explicações. É dado destaque para características das personalidades dos autores dos experimentos históricos a serem realizados e seu contexto econômico, sociocultural e características da comunidade científica da época. São utilizadas duas modalidades de replicação, a chamada “replicação física” em que são reproduzidos os fenômenos investigados no sentido físico, sem se prender na fidelidade histórica completa, e a “replicação de extensão”, quando novos procedimentos de investigação são desenvolvidos para responder a questões correlatas que possam surgir (Chang, 2011). A primeira atividade investigativa da SEI tem como objetivo a familiarização com o uso do microscópio óptico, tendo como problema de investigação a qualidade de diferentes tecidos - determinada pela quantidade de fios que forma a trama – fornecidos pelo professor para investigação. O pano de fundo histórico aqui é a vida de Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723), considerado o “pai” da microbiologia (Karamanou *et al.*, 2010) e que trabalhou como comerciante de tecidos, tendo usado microscópios com o mesmo intuito. A segunda atividade, traz a replicação do experimento histórico de Robert Hooke (1635 – 1703), publicado em seu célebre livro “*Micrographia*” (1665), quando buscava, com o uso do microscópio, explicar o porquê das pulgas saltarem tão alto. Nessa etapa, os alunos são convidados a realizar duas importantes práticas epistêmicas da Biologia: desenhos e descrições (Silva, 2014). Tais práticas permitem um exame crítico do que estão observando e podem propiciar a construção de justificativas mais bem estruturadas para os argumentos que sustentarão a conclusão da atividade. A terceira e última atividade foi inspirada no episódio histórico, também publicado no livro “*Micrographia*”, em que pela primeira vez é usado o termo célula para se referir à estrutura microscópica que compõe os seres vivos. Nesta atividade os alunos devem responder às mesmas questões históricas que Hooke: (1°) Por que a cortiça é leve? (2°) Por que a cortiça flutua na água? e (3°) Por que a cortiça é elástica? O longo das aulas os alunos preenchem uma linha do tempo, com base nas informações abordadas nos textos, destacando eventos científicos, episódios históricos e pessoais. Ao trazer o EnCI, a história da ciência e a argumentação, a SEI ganha força para a promoção da AC. Práticas características das ciências da natureza - como a microscopia, o desenho e as descrições - também têm efeito promotor da cultura própria das ciências da natureza. E, finalmente, o resgate do uso do laboratório para as aulas de ciências como espaço das atividades científicas na escola apoia a formação de uma cultura híbrida científico escolar.

Palavras-chave: Sequência de Ensino Investigativa, Replicação de Experimentos Históricos, Alfabetização Científica, História da Ciência, Ensino por Investigação.

Referências

- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- CHANG, H. How historical experiments can improve scientific knowledge and science education: the cases of boiling water and electrochemistry. *Science & Education*, v. 20, p. 317-341, 2011.
- KARAMANOU, M. *et al.* Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. *Revista Argentina De Microbiologia*, v. 42, n. 4, p. 311-314, 2010.
- SILVA, A. A. Cicatrizes da natureza e as relações entre arte e ciência. *Revista da SBEnBio*, v. 7, p. 813- 825, 2014.
- SASSERON, L. H. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, p. 49-67, 2015.



O MUNDO MICROSCÓPICO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Thiago Marinho Del-Corso¹, Nathália Helena Azevedo², Sílvia Luzia Frateschi Trivelato³

¹ Universidade de São Paulo/ Doutorado da Faculdade de Educação/ thiagodcorso@usp.br

² Universidade de São Paulo/ Doutoranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências/ helena.nathalia@usp.br

³ Universidade de São Paulo/ Faculdade de Educação/ sltrive@usp.br

Introdução

Alfabetização Científica (AC) e o Ensino por Investigação (EnCI): Sasseron (2015) aponta a Alfabetização Científica (AC) como objetivo principal para o ensino de Ciências, e o ensino por investigação (EnCI) como uma *abordagem didática* capaz de congrega os aspectos da cultura escolar e da cultura científica, formando assim uma cultura híbrida científico escolar. O EnCI pode romper com as práticas didáticas comuns que não propiciam o contato com aspectos da cultura científica ou mesmo o conhecimento de que ela existe.

História da Ciência: Quanto à cultura científica, Allchin (2011) destaca que o uso da história da ciência pode auxiliar a compreensão do conteúdo científico e o desenvolvimento de concepções mais bem informadas sobre como a ciência funciona, como o conhecimento científico é produzido e sobre as relações que a ciência estabelece com a sociedade, a política, a economia e a cultura.

Sequência Ensino Investigativa: Uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) caracteriza-se por um encadeamento de atividades em que são propostas investigações acerca problemas claramente propostos, cabendo ao professor orientar análises, fomentar discussões a partir de textos, materiais, experimentos e observações e comente e proponer o problema.

Objetivo: Apresentar as investigações propostas numa Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que têm como eixo norteador episódios históricos associados à história da Citologia.

A SEI

Na SEI “O Mundo Microscópico”, cada aula apresenta um texto com a contextualização histórica das atividades práticas do dia e questões que fomentam a construção de argumentos e explicações. É dado destaque para características das personalidades dos autores dos experimentos históricos a serem realizados e seu contexto econômico, sociocultural e características da comunidade científica da época.

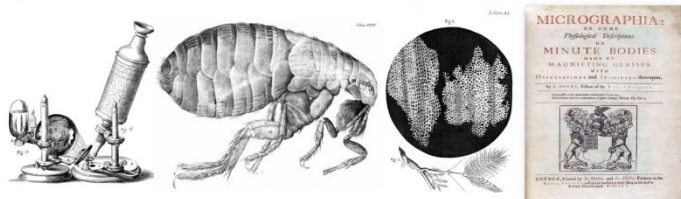
Título da Aula	Ficha(s) e dinâmica da aula	Problema/Questão de investigação	Nível de investigação*	Conceitos e Objetivos envolvidos	Contextualização Histórica
Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio	1 ^o Power-Point: Como Elaborar um Relato de Pesquisa. 2 ^o Instruções de uso do Microscópio. 3 ^o Entrega de relatório de investigação - Leeuwenhoek e a qualidade dos tecidos. 3 ^o Linha do tempo da Microbiologia.	Classificar os diferentes tecidos fornecidos de acordo com sua qualidade (quantidade de fios que compõe a trama).	2 – Investigação estruturada (a questão e o(s) procedimento(s) são fornecidos pelo professor, mas os alunos têm que construir uma explicação a partir das evidências que produziram.*	- familiarização com o uso do microscópio óptico - familiarização com a elaboração e os itens básicos de um relatório - princípio de inserção dos indivíduos dentro da cultura científica - gênese de compreensão da natureza da investigação científica - desenvolver a habilidade de selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados, para tomar decisões e enfrentar situações-problema - domínio de uma série de práticas epistêmicas - relação do desenvolvimento das tecnologias (microscópios) e a ciência	- A invenção do Microscópio simples pelos Jansen - Importância da Royal Society - Anton van Leeuwenhoek como o primeiro a observar e descrever organismos unicelulares e aprimorador do microscópio simples
Robert Hooke e o Salto da Pulga	1 ^o Entrega de relatório de investigação - Robert e o Salto da Pulga. 2 ^o Linha do tempo da Microbiologia.	Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?***	2/3 - Investigação parcialmente estruturada e orientada (a questão é fornecida e os procedimento(s) parcialmente Os alunos têm que construir explicação ou argumento a partir das evidências que produziram.*	- o paradigma de explicar os fenômenos pela estrutura microscópica - fornecer elementos para discussão do modo com que os cientistas trabalham - dar a oportunidade de distinguir observação de inferência - observar estrutura microscópica de artrópodes insetos - a descrição e a ilustração científica como práticas epistêmicas	- Robert Hooke como experiente investigador e cientista, curador da <i>Royal Society</i> e desenvolvedor do microscópio composto - Importância e publicação do Livro <i>Micrographia</i>
Robert Hooke e a Cortiça	1 ^o Entrega de relatório de investigação - Robert e a cortiça. 2 ^o Linha do tempo da Microbiologia. 3 ^o Comunicação à <i>Royal Society</i> .	Por que a cortiça flutua na água? Por que a cortiça é tão leve? Por que a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)***	3 - Investigação orientada (apenas a questão de pesquisa é fornecida. Os alunos devem elaborar o(s) procedimento(s) e construir as explicações) ou sistemática de conhecimentos.*	- importância histórica como a primeira publicação a apresentar o termo “célula” - desmistificar a ideia de que teorias científicas surgem inteiras na mente do estudioso - apresentar a Ciência como uma construção social, gradativa e sistemática de conhecimentos - oportunidade de produção de Explicações e/ou Argumentos - observar padrões morfológicos microscópicos de vegetais - conceitos de Densidade, Massa, Volume e Flutuabilidade - informações sobre a cortiça, sua origem, uso e produção	- Primeira menção ao termo célula - Robert Hooke como experiente investigador e cientista

* (Banchi e Bell, 2008) Propõem que os alunos devam ir gradualmente progredindo em direção a níveis hierárquicos de investigação e com isso a um pensamento científico mais profundo

** Replicação histórica de investigação do *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses* (Micrografia: Ou algumas descrições fisiológicas de corpos diminutos feitas por lentes de aumento, com observações e investigações feitas sobre eles), de Hooke (1667)

Conclusão

Ao trazer o EnCI, a história da ciência e a argumentação, a SEI ganha força para a promoção da AC. Práticas características das ciências da natureza - como a microscopia, o desenho e as descrições - também têm efeito promotor da cultura própria das ciências da natureza. E, finalmente, o resgate do uso do laboratório para as aulas de ciências como espaço das atividades científicas na escola apoia a formação de uma cultura híbrida científico escolar.



Referências: [1] ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011. [2] BANCHI, H.; BELL, R. The many levels of inquiry. *Science and children*, v. 46, n. 2, p. 26, 2008. ISSN 0036-8148. [3] KARAMANOU, M. et al. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. *Revista Argentina De Microbiologia*, v. 42, n. 4, p. 311-314, 2010. [4] SILVA, A. A. C. Caracteres da natureza e as relações entre arte e ciência. *Revista da SBEBIO*, v. 7, p. 813-825, 2014. [5] SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, p. 49-67, 2015.

ANEXO F: Versão final da SEI “O Mundo Microscópico” publicada no “-“ Encontro de História e Filosofia da Biologia 2019”

Construindo conhecimento científico em escala microscópica: Uma sequência didática com ensino por investigação e história da ciência

Thiago Marinho Del Corso

thiogodelcorso@usp.br

Docente da Faculdade SESI de Educação

Doutorando em Educação pela Faculdade de Educação da USP

Nathália Helena Azevedo

helena.nathalia@usp.br

Doutoranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP

Sílvia Luzia Frateschi Trivelato

slfrive@usp.br

Docente da Faculdade de Educação da USP

O presente trabalho apresenta fundamentos da sequência didática (SD) investigativa “O Mundo Microscópico” composta por atividades baseadas no Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), construídas com níveis crescentes de liberdade, segundo a classificação de Banchi e Bell (2008). O objetivo da SD é introduzir os estudantes ao mundo microscópico e à aspectos procedimentais e epistêmicos da construção do conhecimento científico na escala microscópica da Ciência através de atividades investigativas. A SD têm como eixo norteador episódios históricos associados à história da Microbiologia e sua elaboração foi instigada e subsidiada por referenciais teóricos que salientam a importância da Alfabetização Científica (AC), do EnCI e do engajamento em Práticas Epistêmicas (PE) da construção do conhecimento científico. Ao empregar o EnCI via atividades com níveis de liberdade crescentes, associados à história da ciência e com um olhar direcionado às PE, a SD tem potencial para promover a AC. A AC vem sendo considerada norteadora para ensino e aprendizagem de ciências por diversos autores (por exemplo Sasseron e Carvalho, 2016 ; Krasilchik e Marandino, 2004). Para Sasseron (2015) o EnCI é uma abordagem profícua para o desenvolvimento da AC. Cardoso e Scarpa (2018) afirmam que o EnCI têm grande potencial para promover a compreensão sobre como se dá a construção do conhecimento científico, sendo então particularmente profícua para compor noções mais bem informadas sobre a natureza da ciência (NdC), o que compõe um dos eixos da AC.

Na SD “O Mundo Microscópico” cada atividade apresenta um texto com a contextualização histórica das atividades investigativas propostas e questões que fomentam a construção de argumentos e explicações. É dado destaque para características das personalidades dos autores dos experimentos históricos a serem realizados e dos contextos econômico, sociocultural e características da comunidade científica da época. São utilizadas duas modalidades de replicação, a chamada “replicação física” em que são reproduzidos os fenômenos investigados no sentido físico, sem se prender na fidelidade histórica completa, e a “replicação de extensão”, quando novos procedimentos de investigação são desenvolvidos para responder a questões correlatas que possam surgir (Chang, 2011).

A SD é composta por cinco atividades, articuladas e planejadas para alcançar os objetivos da AC supracitados. A primeira atividade investigativa da SD tem como meta a familiarização com o uso do microscópio óptico. Ela emprega, para isso, a replicação do experimento histórico de Robert Hooke (1635 – 1703), publicado em seu livro “Micrographia” (1665), quando este buscava, com o uso do microscópio, explicar o porquê das pulgas saltarem tão alto. Os estudantes são, então, convidados a empregar duas importantes práticas epistêmicas da Biologia: desenhos e descrições (Silva, 2014). Tais práticas permitem um exame crítico do que estão observando e podem propiciar a construção de justificativas mais bem estruturadas para os argumentos que sustentarão a conclusão da atividade. A segunda atividade da SD, “O problema do submarino”, foi inspirada em uma das atividades do projeto “Ensino de Ciências para o Ensino Fundamental, o Conhecimento Físico” (Carvalho e Gonçalves, 2000) e versa sobre a diferença de densidade entre o ar e água e os conceitos de densidade e fluabilidade dos corpos. Esta atividade foi inserida com a intenção de subsidiar conceitualmente a quarta atividade da SD. A terceira atividade tem como problema central caracterizar a qualidade de diferentes tecidos têxteis – determinada pela quantidade de fios que forma uma trama – com amostras fornecidas pelo professor para investigação. O pano de fundo histórico neste momento é a vida de Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723). Leeuwenhoek desempenhou um papel fundamental para a história da microbiologia, e segundo Gest (2004), devido ao seu trabalho como comerciante de tecidos, provavelmente usou microscópios pela primeira vez com o intuito justamente de avaliar a qualidade têxtil de mercadorias. A quarta atividade é baseada no trabalho de Azevedo et al (2013), o qual foi inspirada em um episódio histórico, também publicado no livro “Micrographia”, em que pela primeira vez foi usado o termo célula para se referir à estrutura microscópica que compõe os seres vivos. Nesta atividade os estudantes precisam responder às mesmas questões históricas que Hooke queria: (i) por que a cortiça é leve?, (ii) por que a cortiça flutua na água? e (iii) por que a cortiça é elástica? A quinta e última atividade é uma investigação autoral, em que os estudantes propõem investigações próprias, sugerindo questões de investigação, materiais e metodologias necessários para responder ao problema que levantaram. A única exigência é o uso do microscópio. Segundo Martins (2009) uma das possibilidades para se trabalhar os procedimentos de construção da ciência é exatamente trazer a microscopia com seus instrumentos e técnicas para a sala de aula. Todas as atividades são comunicadas através de relatórios de investigação.

A SD possui potencial para promover a AC pois foi planejada para propiciar condições que promovam engajamento em diversas PE (como sugerido em Kelly e Licon, 2018), por meio do emprego do EnCI e pelo escalonamento dos níveis de investigação das atividade. Também porque há o uso contextualizado da história da ciência ao longo de cada uma das unidades. Vale ressaltar, porém, que não há garantia de que o engajamento ocorrerá, pois, para isso, é preciso que o professor mediador da SD estimule situações de interações discursivas dentro do processo de investigação, possibilitando a construção de entendimentos sobre conhecimentos científicos (Sasseron e Duschl, 2016). A SD também foi pensada para possibilitar o desenvolvimento de habilidades relacionadas à investigação em escala microscópica, permitindo, assim, adentrar o mundo da microbiologia e possibilitar a incorporação de elementos dessa escala em explicações e modelos explicativos de fenômenos biológicos.

Referências bibliográficas:

- AZEVEDO, Carolina P. G.; SILVA, Caio G. C.; SILVA, Cristina S.; MAIA, Giovanna V.; MELLO, João C.; BOZZO, Marcel V.; DEL CORSO, Thiago M.; PRESTES, Maria Elice B.. Replicação de experimentos históricos de Robert Hooke (1635-1703) visando o ensino aprendizagem da Teoria celular: um estágio como pesquisa em escola pública de ensino fundamental em São Paulo-SP. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, Florianópolis. *Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia*, 1: 44-49, 2013.
- BANCHI, Heather; BELL, Randy. The many levels of inquiry. *Science and children*, 46 (2): 26-29, 2008.
- CHANG, Hasok. How historical experiments can improve scientific knowledge and science education: The cases of boiling water and electrochemistry. *Science & Education*, 20: 317-341, 2011.
- CARDOSO, Milena. J. C.; SCARPA, Daniela. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3): 1025-1059, 2018.
- CARVALHO, Anna Maria P.; GONÇALVES, Maria Elisa R.. Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. *Cadernos de Pesquisa*, 111: 71-94, 2013.
- GEST, Howard. The discovery of microorganisms by Robert Hooke and Antoni Van Leeuwenhoek, fellows of the Royal Society. *Notes and records of the Royal Society of London*, 58(2): 187-201, 2004.
- KELLY, Gregory J.; LICONA, Peter. Epistemic Practices and Science Education. In: *Matthews MR, editor. History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives*. Cham: Springer International Publishing, p. 139-65, 2018.
- KRASILCHIK, Myriam.; MARANDINO, Martha. Ensino de ciências e cidadania. São Paulo: Moderna, 147-63, 2004.
- SASSERON, Lúcia Helena. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, 17(spe): 49-67, 2015.
- SASSERON, Lúcia Helena.; DUSCHL, Richard A. Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2): 52-67, 2016.
- SASSERON, Lúcia Helena.; CARVALHO, Anna Maria. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em ensino de ciências*, 16 (1): 59-77, 2016.
- SILVA, A. A.. Cicatrizes da natureza e as relações entre arte e ciência. *Revista da SBEnBio*, 7: 813- 825, 2014.

USP Encontro de História e Filosofia da Biologia 2019
 Departamento de Biologia/FFCLRP/USP
 Local: Bloco Didático da Medicina (USP - Ribeirão Preto)
 29 a 31 de julho de 2019

Construindo conhecimento científico em escala microscópica: Uma sequência didática com ensino por investigação e história da ciência

Thiago Marinho Del-Corso, Nathália Helena Azevedo e Sílvia Luzia Frateschi Trivelato

Apresentação e Agradecimentos

Quem sou?

- Doutorando FEUSP, Docente FASESP

Agradecer:

- ABFHiB
- Organização EHFB-2019 → sessão paralela
- Audiência
- Demais colegas
- Maria Elice B. Prestes



USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

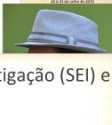
Apresentação e Agradecimentos

Quem sou?

Vou apresentar a Sequência de Ensino por Investigação (SEI) e História da Ciência:

“O Mundo Microscópico”
e aspectos de sua construção

- Audiência
- Demais colegas
- Maria Elice B. Prestes




USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Alfabetização Científica (AC) como objetivo do ensino de ciências
 (Sasseron e Carvalho, 2011; Driver et al 2000; Jiménez Alexandr, 2006; Capecchi e Carvalho 2006; Carvalho, 2007 e etc)

Definir AC



USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Alfabetização Científica (AC) como objetivo do ensino de ciências

Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

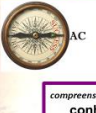

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

Ensino Tradicional

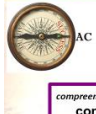

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

Ensino Tradicional

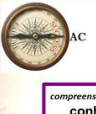

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

Questões Sociocientíficas

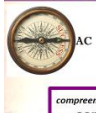

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

História da Ciência

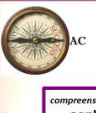

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

A Vista do Meu Ponto

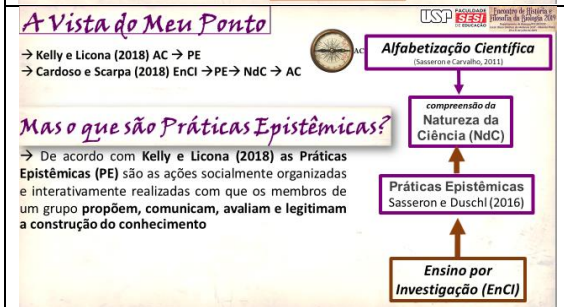
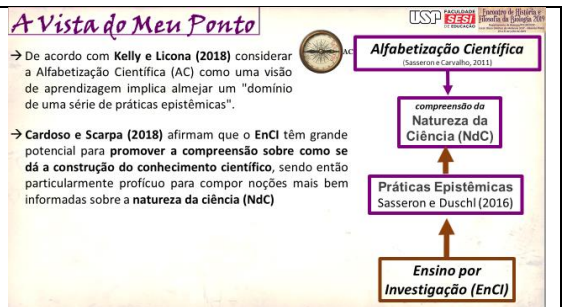
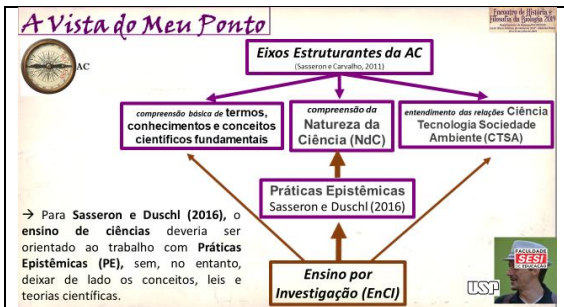
Eixos Estruturantes da AC
(Sasseron e Carvalho, 2011)

- compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- compreensão da Natureza da Ciência (NdC)
- entendimento das relações Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente (CTSA)

Ensino por Investigação

USP FACULDADE SESI DE EDUCAÇÃO

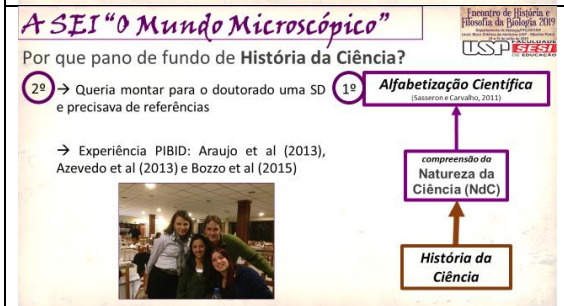
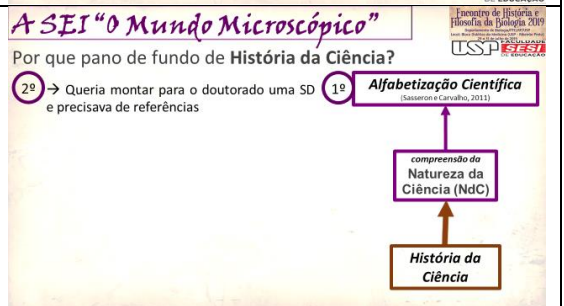
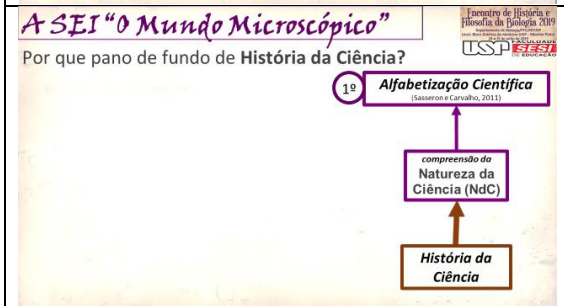


A SEI "O Mundo Microscópico"

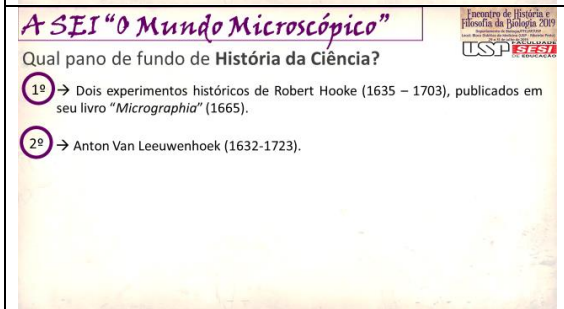
O objetivo da SD é introduzir os estudantes ao mundo microscópio e à aspectos epistêmicos da construção do conhecimento científico, através de atividades investigativas, com um pano de fundo de História da Ciência.

Bases:

- EnCI
- Práticas Epistêmicas
- História da Ciência



Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013



A SEI "O Mundo Microscópico"

Qual pano de fundo de História da Ciência?

A SEI "O Mundo Microscópico"


Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

1. O que são Instrumentos e Técnicas?
2. Microscópio



→ Introduzir na prática educativa a reflexão sobre os instrumentos e técnicas utilizados na pesquisa biológica levaria a uma visão mais adequada sobre a natureza do conhecimento científico.

A SEI "O Mundo Microscópico"


Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

2. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ O autor recomenda que as técnicas e instrumentos trazidos para a atividade educacional possam ser facilmente compreendidos pelos aprendentes, isso para evitar uma visão popular de que a construção do conhecimento científico requer aparelhos, técnicas e conhecimentos complicados, que não podem ser compreendidos ou acessados pelas pessoas ordinárias, ou seja, não reforçar uma visão de que a ciência é inacessível para a maioria das pessoas.

A SEI "O Mundo Microscópico"


Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"

Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"


Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"


Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"

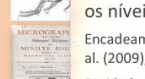
Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"

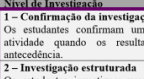
Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"

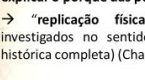
Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

A SEI "O Mundo Microscópico"

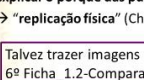
Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que este pano de fundo histórico?

→ Martins (2009)

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

3. O que são Instrumentos e Técnicas?
3. Microscópio



→ Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos e simples (...) pode ser uma boa estratégia para a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. (...) sendo capazes de motivar os estudantes (...).

→ "Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI".

→ Nível de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)

Figure 1.
The four levels of inquiry and the information given to the student in each one.

Inquiry Level	Question	Procedure	Solution
1-Confirmation Inquiry Students confirm a principle through an activity when the results are known in advance.	✓	✓	✓
2-Structured Inquiry Students investigate a teacher-presented question through a prescribed procedure.	✓	✓	
3-Guided Inquiry Students investigate a teacher-presented question using student designed/selected procedures.	✓		
4-Open Inquiry Students investigate questions that are student formulated through student designed/selected procedures.			

→ Níveis de abertura da investigação segundo Banchi e Bell (2008)

Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.

Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão
1 - Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓
2 - Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓	
3 - Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados	✓		
4 - Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais			

Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que se preocupar em encadear os níveis de investigação?

Encadeamento: Campos e Nigro (2009), Guisasola et al. (2009), Banchi e Bell (2008)

Raridade e dificuldade nível 4: Jiménez-Aleixandre e Fernández López (2010)

1/2 2 2/3 3 4

Níveis crescentes de abertura da investigação segundo segundo classificação Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que se preocupar em encadear os níveis de investigação?

Encadeamento: Campos e Nigro (2009), Guisasola et al. (2009), Banchi e Bell (2008)

Raridade e dificuldade nível 4: Jiménez-Aleixandre e Fernández López (2010)

1/2 2 2/3 3 4

Níveis crescentes de abertura da investigação segundo segundo classificação Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que se preocupar em encadear os níveis de investigação?

Encadeamento: Campos e Nigro (2009), Guisasola et al. (2009), Banchi e Bell (2008)

Raridade e dificuldade nível 4: Jiménez-Aleixandre e Fernández López (2010)

1/2 2 2/3 3 4

Níveis crescentes de abertura da investigação segundo segundo classificação Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Robert Hooke e Anton Van Leeuwenhoek

Mas por que se preocupar em encadear os níveis de investigação?

Encadeamento: Campos e Nigro (2009), Guisasola et al. (2009), Banchi e Bell (2008)

Raridade e dificuldade nível 4: Jiménez-Aleixandre e Fernández López (2010)

1/2 2 2/3 3 4

Níveis crescentes de abertura da investigação segundo segundo classificação Banchi e Bell (2008)


A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 1 – "Robert Hooke e o Salto da Pulga" –

→ **replicação do experimento histórico de Robert Hooke (1635 – 1703), publicado em seu livro "Micrographia" (1665), quando este buscava, com o uso do microscópio, explicar o porquê das pulgas saltarem tão alto.**

→ **"replicação física"** (Chang, 2011).

1ª Ficha_1.1-Hooke e a Pulga
 2ª Itens básicos de um relatório
 3ª Instruções de uso do Microscópio e suas partes
 4ª Linha do tempo da Microbiologia
 5ª Elaborar relatório de investigação – Robert Hooke e o Salto da Pulga.
 6ª Ficha_1.2-Comparando com Hooke




A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 1 – "Robert Hooke e o Salto da Pulga" –

X CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SEVILLA 5-8 de septiembre de 2017

ROBERT HOOKE E A PULGA: UM EPISÓDIO HISTÓRICO EM SALA DE AULA COM O USO DE DESENHOS E DESCRIÇÕES COMO PRÁTICAS EPISTÊMICAS

Nathalia Helena Azevedo *Thiago Marinho Dal Corso, Sílvia Lucia Franckli Trivelan*
Programa Interdisciplinar em Ensino de Ciências – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo (USP)
thagedalcorso@usp.br, altriv@usp.br



A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 1 – "Robert Hooke e o Salto da Pulga" –

ROBERT HOOKE E A PULGA: UM EPISÓDIO HISTÓRICO EM SALA DE AULA COM O USO DE DESENHOS E DESCRIÇÕES COMO PRÁTICAS EPISTÊMICAS


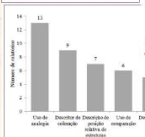



Fig. 2. À esquerda o desenho de uma pulga feito por Hooke (1665) e, à direita, alguns dos desenhos feitos pelos estudantes.

Fig. 1. Coerência de elementos descritivos empregados pelos alunos, conforme categorias de análise citadas à partir da descrição de Hooke (1665).

Conclusão: Os alunos se engajam em PE relacionadas à **produção e comunicação** do conhecimento por meio de uma abordagem focada em **história e filosofia da ciência**.

A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 2 – "O Problema do Submarino" –

→ nível de investigação dois (Banchi e Bell, 2008)

Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.

Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão
1 - Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓
2 - Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓	
3 - Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados.	✓		
4 - Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais.			


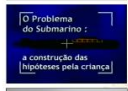

Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 2 – "O Problema do Submarino" –

→ nível de investigação dois (Banchi e Bell, 2008)

1º São fornecidos um modelo de submarino, baldes com água e o problema é exposto oralmente pelo professor

A SEI "O Mundo Microscópico"


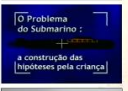

Aula/atividade 2 – "O Problema do Submarino" –

Mas por que uma atividade sobre densidade e fluviabilidade?

Na análise da versão piloto da SEI:

→ **Argumentos produzidos na Aula/atividade 4 – "Robert Hooke e a Cortiça" – eram frágeis**

→ **Conceitos bastante complexos (SMITH et al., 1992)**

A SEI "O Mundo Microscópico"


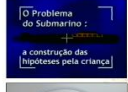

Aula/atividade 2 – "O Problema do Submarino" –

Mas por que uma atividade sobre densidade e fluviabilidade?

Qualificador (Q)
então **Conclusão (C)**
a menos que **Refutação (R)**

Dado (D) que, já que **Garantia (G)** por conta de **Apoio (A)**

Toulmin (2006)
Erduran et al. (2004)

A SEI "O Mundo Microscópico"

Qualificador (Q)
provavelmente

Dado (D) que, **tem a aparência verde** → então **Conclusão (C)** **é vegetal**

Garantia (G) (os vegetais tem a cor verde) → já que → **Conclusão (C)**

Refutação (R) a não ser seja seja uma alga → por conta de **Apoio (A)** o (verde) que acredito seja clorofila

Ex de: Jimenez-Aleixandre et al. (2009).

A SEI "O Mundo Microscópico"

Aula/atividade 3 – "Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio" –

→ nível de investigação entre dois e três (Banchi e Bell, 2008)

Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.

Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão
1 - Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓
2 - Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓	
3 - Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados.	✓		
4 - Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais.			

Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)

A SEI "O Mundo Microscópico"

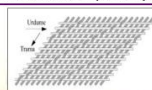

Aula/atividade 3 – "Leeuwenhoek, os tecidos e o Microscópio" –

→ segundo Gest (2004), devido ao seu trabalho como comerciante de tecidos, **Leeuwenhoek** provavelmente usou microscópios pela primeira vez com o intuito justamente de **avaliar a qualidade têxtil de mercadorias**.

→ **"replicação de extensão"**, novos procedimentos de investigação são desenvolvidos para responder a questões correlatas que possam surgir (Chang, 2011).

1ª Ficha_3.1- **Leeuwenhoek e os tecidos (têxteis)**

(i) Ordenar is tecidos por quantidade de fios

<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 4 – "Robert Hooke e a Cortiça"</p> <p>Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nível de Investigação</th> <th>Questão</th> <th>Procedimento</th> <th>Conclusão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)</p>	Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão	1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓	2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓		3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados	✓			4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais				<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 4 – "Robert Hooke e a Cortiça"</p> <p>→ Replicação "física" (Chang, 2011) do experimento histórico de Robert Hooke (1635 – 1703), publicado em seu livro "Micrographia" (1665), responder às mesmas questões históricas que Hooke queria:</p> <p>(i) por que a cortiça é leve?, (ii) por que a cortiça flutua na água? (iii) por que a cortiça é elástica?</p> <p>1º Ficha_4.1- Hooke e a Cortiça</p>
Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão																		
1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓																		
2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓																			
3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados	✓																				
4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais																					
<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>Os quatro níveis de investigação e as informações fornecidas aos estudantes em cada um.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nível de Investigação</th> <th>Questão</th> <th>Procedimento</th> <th>Conclusão</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: tradução nossa de Banchi e Bell (2008)</p>	Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão	1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓	2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓		3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados	✓			4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais				<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>1º Estudantes elaboram questão/objetivo para investigação em que o uso do microscópio é a única exigência. Esta questão é entregue. 2º O professor faz uma devolutiva das questões após análise de sua exequibilidade. 3º Os estudantes executam investigação autoral e elaboram um relatório e uma comunicação para ser apresentada em sala. 4º Comunicação das investigações, com arguição do grupo sala.</p>
Nível de Investigação	Questão	Procedimento	Conclusão																		
1 – Confirmação da investigação Os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade quando os resultados são conhecidos com antecedência.	✓	✓	✓																		
2 – Investigação estruturada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor através de um procedimento prescrito.	✓	✓																			
3 – Investigação orientada Os estudantes investigam uma pergunta apresentada pelo professor usando os procedimentos por eles projetados	✓																				
4 – Investigação aberta Os estudantes investigam perguntas que são formuladas por eles mesmos através de procedimentos também autorais																					
<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>Por que uma aula/atividade com uma investigação autoral?</p> <p>Práticas Epistêmicas (PE) são as ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com que os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento.</p> <p>1º → Práticas Epistêmicas (PE) de Proposição/Seleção de Problema Científico</p>	<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>Por que uma aula/atividade com uma investigação autoral?</p> <p>A "Comunicação da construção do conhecimento" é uma das PE gerais (KELLY e LICONA, 2018; ARAÚJO, 2008; GEROLIN, 2017; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2008; SILVA, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010).</p> <p>Mas:</p> <p>→ Percepção de que os estudantes apresentam comunicação apenas para os professores → Desatenção dos colegas</p>																				
<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>Por que uma aula/atividade com uma investigação autoral?</p> <p>A "Comunicação da construção do conhecimento" é uma das PE gerais</p> <p>Insight</p>  <p>Richard Duschl</p>	<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>Aula/atividade 5 – "Investigando como no Micrographia"</p> <p>Por que uma aula/atividade com uma investigação autoral?</p> <p>Práticas Epistêmicas (PE) são as ações socialmente organizadas e interativamente realizadas com que os membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam a construção do conhecimento.</p> <p>1º → Práticas Epistêmicas (PE) de Proposição/Seleção de Problema Científico 2º → Práticas Epistêmicas (PE) de Comunicação, Avaliação e Legitimação</p>																				
<p>A SEI "O Mundo Microscópico"</p> <p>→ EnCI → Encadeamento dos níveis de investigação (1→2→3→4)</p> <p>→ Pano de fundo de História da Ciência → Com instrumentos e técnicas de trabalhos antigos e simples</p> <p>1º potencial para promover a AC pois foi planejada para propiciar condições que promovam engajamento em diversas PE</p> <p>2º pensada para possibilitar o desenvolvimento de habilidades relacionadas à investigação em escala microscópica, permitindo, assim, entrar o mundo da microbiologia e possibilitar a incorporação de elementos dessa escala em explicações e modelos explicativos</p>	<p>Referências</p> <p>AZEVEDO, Carolina P. G.; SILVA, Calo G. C.; SILVA, Cristina S.; MAIA, Giovanna V.; MELLO, João C.; BOZZO, Marcel V.; DEL CORSO, Thiago M.; PRESTES, Maria Elise B. Replicação de experimentos históricos de Robert Hooke (1635-1703) visando o ensino aprendizagem da Teoria celular: um estágio como pesquisa em escola pública de ensino fundamental em São Paulo-SP. In: Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013, Florianópolis. Caderno de Resumos do Encontro de História e Filosofia da Biologia, 1: 44-49, 2013.</p> <p>BANCHI, Heather; BELL, Randy. The many levels of inquiry. <i>Science and children</i>, 46 (2): 26-29, 2008.</p> <p>CHANG, Haok. How historical experiments can improve scientific knowledge and science education: The cases of boiling water and electrochemistry. <i>Science & Education</i>, 20: 317-341, 2011.</p> <p>CARDOSO, Milena. J. C.; SCARPA, Daniela. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. <i>Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências</i>, 18(3): 1025-1059, 2018.</p> <p>CARVALHO, Anna Maria P.; GONÇALVES, Maria Elise R. Formação continuada de professores: o vídeo como tecnologia facilitadora da reflexão. <i>Cadernos de Pesquisa</i>, 111: 71-94, 2013.</p> <p>GEST, Howard. The discovery of microorganisms by Robert Hooke and Antoni Van Leeuwenhoek, fellows of the Royal Society. <i>Notes and records of the Royal Society of London</i>, 58(2): 187-201, 2008.</p> <p>KELLY, Gregory J.; LICONA, Peter. Epistemic Practices and Science Education. In: <i>Matthews MR, editor. History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives</i>. Cham: Springer International Publishing, p. 139-65, 2018.</p> <p>KRASLICH, Myriam; MARIANO, Martha. Ensino de ciência e cidadania. São Paulo: Moderna, 147-63, 2004.</p> <p>SASSERON, Lúcia Helena. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA, ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIAS DA NATUREZA E ESCOLA. <i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i>. Belo Horizonte, 17 (spe): 49-67, 2015.</p> <p>SASSERON, Lúcia Helena; DUSCHL, Richard A. Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. <i>Investigações em Ensino de Ciências</i>, 21(2): 52-67, 2016.</p> <p>SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. <i>Investigações em ensino de ciências</i>, 16 (1): 59-77, 2016.</p> <p>SILVA, A. A. Citações da natureza e as relações entre arte e ciência. <i>Revista do SEnBio</i>, 7: 813- 825, 2014.</p>																				

ANEXO G: Trabalho sobre Robert Hooke e a Pulga publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 3623-3629” e pôster da apresentação no evento

X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

SEVILLA
5-8 de septiembre de 2017

**ROBERT HOOKE E A PULGA:
UM EPISÓDIO HISTÓRICO EM SALA
DE AULA COM O USO DE DESENHOS
E DESCRIÇÕES COMO PRÁTICAS
EPISTÊMICAS**

Nathália Helena Azevedo
Programa Interunidades em Ensino de Ciências – Universidade São Paulo (USP)
helena.nathalia@usp.br

Thiago Marinho Del Corso, Sílvia Luzia Frateschi Trivelato
Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo (USP)
thiagodelcorso@usp.br, slfrive@usp.br

RESUMO: As atividades sociais associadas ao conhecimento envolvem uma série de práticas epistêmicas e algumas estão fortemente associadas às práticas enraizadas da Biologia, como os desenhos e as descrições. A contextualização das aulas de Biologia pode ser feita por meio de casos históricos, que permitem dar sentido a conceitos e atividades, além de contribuir para a criação de ambientes de aprendizagem que promovam práticas epistêmicas. Apresentamos resultados da aplicação de uma atividade elaborada para trabalhar microscopia no ensino médio por meio de replicações de experimentos de Robert Hooke. A análise de desenhos e descrições feitas pelos alunos indica que essa abordagem de ensino é capaz de mobilizar práticas epistêmicas em sala de aula, como o uso da linguagem representacional, analogias e metáforas.

PALAVRAS CHAVE: desenho no ensino de ciências, história da ciência, natureza da ciência, práticas epistêmicas.

OBJETIVOS: O presente trabalho visa identificar as práticas epistêmicas mobilizadas na elaboração de desenhos e descrições produzidos por alunos como parte de uma atividade focada em história e filosofia da ciência.

MARCO TEÓRICO

Segundo Kelly (2005), as práticas epistêmicas compreendem os elementos usados por uma determinada comunidade científica para propor, justificar, avaliar e legitimar o conhecimento produzido. São, portanto, as atividades relacionadas à produção, comunicação e avaliação do saber (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008). Neste contexto, o aprendizado de ciências envolve não apenas conceitos científicos, mas a forma como tais conceitos são construídos e empregados. Reconhecendo que o ensino

ISSN (DIGITAL): 2174-6486

3623

de ciências envolve aprender ciências, aprender sobre ciência e fazer ciência (Hodson, 2014), para que haja uma apropriação do conhecimento científico, a mobilização de práticas epistêmicas no contexto escolar é indispensável.

Para Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008), as atividades sociais relacionadas ao conhecimento envolvem uma série de práticas epistêmicas. Das práticas epistêmicas apontadas por esses autores, nota-se que algumas estão fortemente associadas às práticas enraizadas da Biologia. A descrição e o uso de desenhos resultantes de observações de seres vivos, por exemplo, envolvem práticas epistêmicas, tais quais as listadas por Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008), como a utilização de conceitos para interpretar dados e a articulação do conhecimento observacional e conceitual. Outras práticas epistêmicas, como usar linguagem representacional, analogias e metáforas, listadas por Araujo & Mortimer (2009), também são comuns na Biologia. Desta forma, promover ambientes de ensino-aprendizagem em que se estimule tais práticas pode aproximar os alunos dos modos particulares que a Biologia utiliza na produção, comunicação e avaliação do conhecimento.

O desenho pode ser entendido como uma prática epistêmica específica, por permitir um exame crítico ao tornar algo visível (Bovelet, 2010). Conceituar o desenho como uma forma de conhecimento não é algo novo no pensamento científico e filosófico. Bovelet (2010) afirma que Platão considerava o desenho como “uma descrição demonstrativa” e que Sócrates atribuía ao desenho tamanha importância em suas práticas que não admitia substituí-lo por descrições conceituais. Entretanto, é preciso que os desenhos tragam consigo certas informações para que seja possível considerá-los instrumentos na geração e propagação do conhecimento. Na Biologia, muitos naturalistas recorreram às ilustrações, dotadas de cuidado estético, por possibilitarem destacar, integrar e estabelecer relações.

Embora tenham o seu lugar como práticas científicas corriqueiras, em aulas de Biologia a produção de descrições e desenhos pode tornar-se uma atividade mecânica e ausente de sentido quando não há contextualização. O uso da História e da Filosofia da Ciência em sala de aula, feito por meio de casos históricos, tem sido fortemente defendido na literatura (Rudge & Howe, 2009), pois permite não apenas uma melhor contextualização de conceitos e engajamento dos estudantes, mas também a criação de ambientes propícios para discutir aspectos de natureza da ciência e evidenciar conceitos equivocados dos alunos (Allchin, 2014).

METODOLOGIA

Os dados analisados neste trabalho são originados da aplicação de uma atividade pertencente a uma sequência didática sobre microscopia, elaborada para o ensino médio. A sequência didática, composta por seis aulas, propõe replicações de práticas de Robert Hooke (1635 – 1703) e foi inspirada em seu célebre livro “*Micrographia*” (1665), considerado uma das obras científicas mais importantes de todos os tempos (Gest, 2005).

Em cada aula, os alunos receberam um texto com a comanda da atividade prática do dia. O texto trazia a contextualização histórica da prática que seria realizada, com destaque para características da personalidade de Hooke, seu contexto econômico e sociocultural e características da comunidade científica da época. Ao longo da sequência didática, os textos foram lidos e comentados coletivamente entre a turma e o professor. Além de executarem atividades práticas, ao longo das seis aulas os alunos preencheram uma linha do tempo, com base nas informações abordadas nos textos e destacando os eventos científicos, episódios históricos e pessoais da vida de Hooke.

A atividade analisada aqui fez parte da terceira aula da sequência didática, na qual os alunos tiveram contato com o contexto histórico e científico em que o livro *Micrographia* foi escrito e com detalhes dos conteúdos científicos contidos na obra. As tarefas contidas na comanda da atividade eram:

- Embora não revele o modo como fez os desenhos, provavelmente Hooke primeiramente fez um esboço do corpo todo do inseto, com baixa resolução, para ter uma ideia clara sobre o conjunto; e produziu a imagem de cada parte da pulga separadamente, juntando depois as diversas partes.
 - Pegue um exemplar de pulga com o professor e coloque delicadamente em uma lâmina côncava. (b) Desenhe detalhadamente o que vê, nos aumentos de 70x e 150x.
- O livro *Micrographia* trazia, além dos desenhos feitos por Hooke, a descrição das observações. Descreva cuidadosamente a pulga observada ao microscópio.

A amostra usada para obtenção dos dados foi composta por alunos de duas turmas de segundo ano do ensino médio de um colégio público do estado de São Paulo, Brasil. A coleta ocorreu durante aulas de Biologia ministradas entre outubro e novembro de 2016. Os dados são resultantes dos relatórios elaborados em grupo (2 a 4 alunos), que contém desenhos e descrições conforme a comanda descrita anteriormente.

Quanto à análise, os desenhos foram comparados entre si por categorias criadas *a posteriori*. Para avaliar as descrições textuais, aplicou-se a metodologia de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), utilizando-se, portanto, de dados qualitativos para descrever e interpretar respostas. As categorias de análise foram elaboradas *a priori* a partir da descrição de uma pulga sob o microscópio feita por Hooke (Quadro 1).

Quadro 1.
Categorias de análise estabelecidas a partir da descrição de uma pulga feita por Hooke.

Trecho da descrição (Hooke, 1665, pp. 210-211)	Categorias resultantes de análise
<p><i>“Mas, em relação à sua beleza, o microscópio mostra que ela é toda adornada com uma veste curiosamente polida de couraça negra perfeitamente articulada, cercada por multidões de pinos afiados, quase com a mesma forma dos espinhos de um porco-espinho, punhais cônicos de aço; a cabeça é adornada de cada lado por um olho negro redondo e vívido (...); na parte da frente da cabeça, entre as duas patas anteriores, ela tem duas longas pequenas presas, ou melhor, cheiradores, que têm quatro juntas, e são peludas, como as de várias outras criaturas; entre elas, tem uma pequena tromba, ou bastão, que parece consistir em um tubo e uma língua ou sugador, que parece ser deslizado para dentro e para fora. Dos seus lados, tem também duas lâminas ou mordedores que são um pouco semelhantes aos de uma formiga (...). Há muitas outras particularidades que, sendo mais óbvias, e não proporcionando muita informação, eu deixarei de lado, indicando ao leitor a figura.”</i></p>	uso de linguagem poética
	referência direta ao microscópio
	descriptor de textura
	descriptor de coloração
	descriptor de forma
	descrição de posição relativa de estruturas
	uso de analogia
	atribuição de função
	uso de comparação
uso de linguagem científica	

RESULTADOS

A análise dos desenhos resultou em três categorias, que expressam diferenças entre as representações em cada um dos aumentos (Quadro 2). Dos desenhos presentes nos 14 relatórios entregues, identificou-se que 11 tentaram passar a noção de aproximação ao representar a pulga nos aumentos; oito indicaram uma relação entre os aumentos e seis preocuparam-se com o detalhamento nos dois aumentos. Seis grupos representaram a pulga com uma aparente desconexão entre os aumentos.

Quadro 2.
Características presentes na comparação dos desenhos conforme o aumento do microscópio.

Característica	Noção de aproximação	Noção de detalhamento	Aparente desconexão entre os desenhos
Exemplo			

Os desenhos permitiram ter acesso a elementos distintos daqueles presentes nos textos. Foi possível identificar elementos já constituídos como conhecimento e que se adicionam às observações feitas nas descrições. A aparente desconexão entre os aumentos, exibida em alguns desenhos, nos convida à reflexão, pois tal resultado corrobora a ideia de que as observações podem vir impregnadas de conhecimento. Esse é um tema epistemológico amplo e alguns autores (e.g. Praia *et al.*, 2002) referem-se a ele como “o mito de uma observação neutra e despida de concepções” (p. 135).

A análise das descrições mostrou uma preocupação dos alunos em fazer considerações sobre a precisão do microscópio nos diferentes aumentos, o que surpreendeu, dado que esta não era uma comando presente na atividade. Ponderações como esta surgem quando os alunos estão de fato fazendo as observações e manipulando o material observado.

A análise focada nas categorias permitiu quantificar a frequência em que cada uma apareceu nas descrições (Fig.1). Observa-se que o uso de analogia só esteve ausente em um relatório. Tal dado é significativo, pois a analogia é fundamental não apenas no aprendizado de ciências (James & Scharmann, 2007), mas na construção do conhecimento científico. Ela é frequentemente utilizada em descrições científicas, desempenhando um papel de guia para investigações e sendo indispensável em várias etapas da construção do conhecimento, por permitir esclarecer o desconhecido (Brown & Salter, 2010). Menos frequente que a analogia, mas com função textual semelhante na expressão de ideias, está a comparação. Os alunos que utilizaram desse artifício elencaram semelhanças da pulga com barata, piolho e borboleta.

A descrição da posição relativa de estruturas e a atribuição de função, tomadas em conjunto, também foram frequentes. Esta é uma característica usual da linguagem científica biológica e a apropriação do aluno deste traço é significativa. Poucos grupos fizeram referência direta ao microscópio (apenas três, Fig. 1), o que surpreendeu, dado que tanto a comando da atividade quanto a aula anterior, abordaram fatos e práticas relacionados ao desenvolvimento do microscópio.

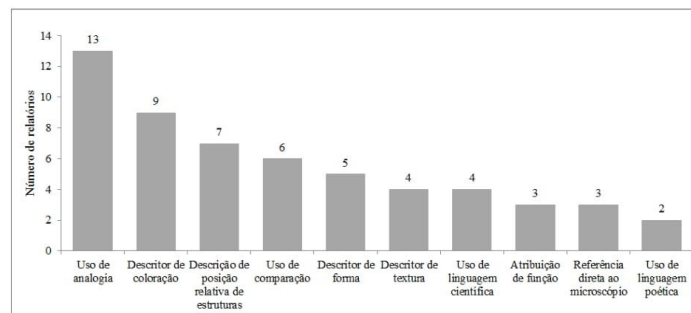


Fig. 1. Ocorrência de elementos descritivos empregados pelos alunos, conforme categorias de análise criadas à partir da descrição de Hooke (1665).

Os alunos só tiveram acesso à imagem e à descrição da pulga elaboradas por Hooke após a atividade. Não apenas porque era desejado que fossem autênticos em suas respostas (em comparação com o trabalho de Hooke), mas, sobretudo, para que os registros fossem diferentes entre si. No geral, houve uma preocupação tanto nos desenhos quanto nas descrições, em fazer referência à quantidade de pernas (Fig. 2), seja apresentando o número exato que conseguiam visualizar ao microscópio, seja fazendo referências mais genéricas (“muitas pernas”). O número e a presença de segmentos corporais também foi uma preocupação e, em geral, era o momento em que os alunos descreviam a posição relativa de estruturas corporais, conforme o exemplo:

“A pulga aparenta ter duas partes no corpo, o tronco e o abdômen (juntos como uma estrutura), ela tem 5 pernas com algumas divisões, pelos grandes (para o tamanho da pulga), duas pernas pequenas na frente, uma mediana no meio do corpo e duas atrás, estas que provavelmente são usadas para pular. Não existe definição de cor devido ao brilho, mas aparenta ter uma cor bege um pouco mais escuro. Não existe uma definição do tamanho devido ao zoom. Aparenta ter pequenas presas, talvez múltiplas, para morder e prender-se nos animais que se fixa.”



Fig. 2. À esquerda o desenho de uma pulga feito por Hooke (1665) e, à direita alguns dos desenhos feitos pelos estudantes.

CONCLUSÃO

Foi possível identificar que os alunos mobilizaram práticas epistêmicas relacionadas à produção e comunicação do conhecimento por meio de uma abordagem focada em história e filosofia da ciência. Nos desenhos e textos, os alunos mobilizaram práticas epistêmicas como o uso da descrição, da linguagem representacional e de analogias e metáforas. Em nossos dados, possivelmente os alunos incluíram conhecimentos prévios em suas representações, como é comum também na prática científica. O desenho pode desempenhar uma função essencial para manipular formas visuais e exercer a criatividade, essa última em geral esquecida como aspecto fundamental da ciência. Os resultados apontam que casos históricos permitem mobilizar práticas epistêmicas, ao possibilitar contextualizar conceitos, engajar os alunos e criar ambientes propícios para discutir natureza da ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLCHIN, D., ANDERSEN, H., & NIELSEN, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating inquiry, historical cases and contemporary cases in classroom practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.

- ARAÚJO, A. O., & MORTIMER, E. F. (2009). As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. In: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis.
- BARDIN L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70; 1977
- BOVELET, J. (2010). Drawing as Epistemic Practice in Architectural Design. *Footprint*, 4(7), 75-84.
- BROWN, S., & SALTER, S. (2010). Analogies in science and science teaching. *Advances in Psychological Education*, 34(1), 167-169.
- GEST, H. (2005). The remarkable vision of Robert Hooke (1635-1703): first observer of the microbial world. *Perspectives in Biology and Medicine*, 48 (2), 266-272.
- HODSON, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- HOOKE, R. *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*. London: J. Martyn and J. Allestry, 1665.
- JAMES, M.C., & SCHARMANN, L.C. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of pre-service teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4): 565-585.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., MORTIMER, E. F., SILVA, A. C. T., & DÍAZ, J. (2008). Epistemic Practices: an analytical framework for science classrooms. Paper presented to *AERA*, New York City.
- KELLY, G. J. (2005). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. Paper presented to *Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, NJ.
- PRAIA, J. F., CACHAPUZ, A. F. C., & GIL-PÉREZ, D. (2002). Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação* (Bauru), 8(1), 127-145.
- RUDGE, D. W., & HOWE, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580.

Robert Hooke e a pulga: um episódio histórico em sala de aula com o uso de desenhos e descrições como práticas epistêmicas

Robert Hooke and the flea: a historical episode in the classroom using drawings and descriptions as epistemic practices

Nathália Helena Azevedo^A, Thiago Marinho Del Corso^B e Sílvia Luzia Frateschi Trivelato^C

^ADoutoranda - Programa Interunidades em Ensino de Ciências - Universidade São Paulo (USP) - Brasil | helena.nathalia@usp.br

^BDoutorando - Faculdade de Educação - Universidade São Paulo (USP) - Brasil | thiagoddelcorso@usp.br

^CDocente - Faculdade de Educação - Universidade São Paulo (USP) - Brasil | silfrive@usp.br



I. Objetivo

Identificar as práticas epistêmicas mobilizadas na elaboração de desenhos e descrições produzidos por alunos como parte de uma atividade focada em história e filosofia da ciência.

III. Metodologia

A Sequência didática

6 aulas: replicações de práticas de Robert Hooke. (1635-1703), inspiradas no livro *Micrographia*^[1]. Contextualização histórica das práticas: características da personalidade de Hooke, seu contexto econômico e sociocultural e características da comunidade científica da época.

Caracterização da Amostra

2 turmas de 2º EM, de um colégio público de SP/BR. Aulas de Biologia ministradas entre out./nov. de 2016. Relatórios elaborados em grupos (2 a 4 alunos), com desenhos e descrições, conforme a comanda da atividade.

[1] (...) (a) Pegue um exemplar de pulga com o professor e coloque delicadamente em uma lâmina côncava. (b) Desenhe detalhadamente o que vê, nos aumentos de 70x e 150x.

[2] O livro *Micrographia* trazia, além dos desenhos feitos por Hooke, a descrição das observações. Descreva cuidadosamente a pulga observada ao microscópio.

Análise dos dados

Desenhos: comparados entre si por categorias criadas *a posteriori*.
Descrições: categorias elaboradas *a priori* a partir da descrição de uma pulga sob o microscópio feita por Hooke

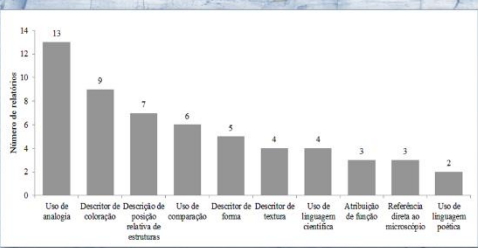


Fig. 1. Ocorrência de elementos descritivos empregados pelos alunos, conforme categorias de análise criadas a partir da descrição de Hooke.

Práticas Epistêmicas

São atividades relacionadas à produção, comunicação e avaliação do saber.^{[1][2]}

Aprender ciências também envolve a forma como os conceitos são construídos e empregados.^[3]

A descrição e o uso de desenhos resultantes de observações envolvem certas práticas epistêmicas, como: a utilização de conceitos para interpretar dados^[2], a articulação do conhecimento observacional e conceitual^[2], o uso de analogias e metáforas^[4] e o uso da linguagem representacional.^[4]

O desenho, as descrições e a natureza da ciência

O desenho pode ser visto como *uma descrição demonstrativa*.^[5] Na Biologia, muitos naturalistas recorreram às ilustrações, por possibilitarem destacar, integrar e estabelecer relações.

A produção de descrições e desenhos pode tornar-se uma atividade mecânica e ausente de sentido quando não há contextualização.

O uso da História da Ciência em sala de aula tem sido fortemente defendido na literatura^[6], pois permite contextualizar conceitos, engajar os estudantes e criar ambientes propícios para discutir aspectos de natureza da ciência.^[7]

IV. Resultados

Característica

Exemplos

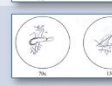
Noção de aproximação



Noção de detalhamento



Aparente desconexão entre os desenhos



Dos 14 relatórios entregues, 11 tentaram passar a noção de aproximação nos aumentos; 8 indicaram relação entre os aumentos e 6 preocuparam-se com o detalhamento nos dois aumentos

Quadro 1. Características presentes na comparação dos desenhos conforme o aumento do microscópio.

V. Conclusões

Os alunos mobilizaram práticas epistêmicas como o uso da descrição, da linguagem representacional e de analogias e metáforas e incluíram conhecimentos prévios em suas representações, como é comum também na prática científica.

Nossos resultados apontam que casos históricos permitem mobilizar práticas epistêmicas, ao possibilitar contextualizar conceitos, engajar os alunos e criar ambientes propícios para discutir natureza da ciência.



Fig. 2. À esquerda o desenho de uma pulga feito por Hooke e, à direita alguns dos desenhos feitos pelos estudantes.

References: [1] Kelly, G. J. (2005). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. Paper presented to *Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, NJ. [2] Jiménez-Alexandres, M. P., Mortimer, E. F., Silva, A. C., & Díaz, J. (2008). Epistemic Practices: an analytical framework for science classrooms. Paper presented to *AERA* New York City. [3] Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553. [4] Araújo, A. O., & Mortimer, E. F. (2009). As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. In: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis. [5] Bovelet, J. (2010). Drawing as Epistemic Practice in Architectural Design. *Footprint*, 4(7), 75-84. [6] Alkchin, D., Ankersen, H., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating inquiry, historical cases and contemporary cases in classroom practice. *Science Education* 98(2), 461-486. [7] Ruogo, D. W., & Howe, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580. [8] Hooke, R. *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*. London: J. Martyn and J. Allestry, 1665.

ANEXO H: Trabalho sobre a diferenciação entre Argumentos e Explicações publicado na edição especial da revista “Enseñanza de las ciencias, Núm. Extra (2017), p. 1-80, ISSN 2174-6486, p. 4617-4622” e pôster da apresentação no evento

X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

SEVILLA
5-8 de septiembre de 2017

UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA DIFERENCIAR ARGUMENTOS E EXPLICAÇÕES

Thiago Marinho del Corso
Universidade de São Paulo/ Doutorado da Faculdade de Educação
thiagodelcorso@usp.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para diferenciar Argumentos e Explicações, já que de acordo com Osborne e Patterson (2011) a falta de distinção seria uma fraqueza da área. Também testar desambiguar um trecho de atividade que serviu de exemplo na polêmica entre Berland e McNeill (2012) e Osborne e Patterson (2011-2012) sobre diferenciar Argumentos de Explicações. Distinguir passa por (1) Identificação da conclusão; (2) Análise da intenção da assertiva; (3) Análise da Conclusão; (4) Análise da relação de plausibilidade entre os elementos; (5) Análise da relação entre motivadores. A ferramenta permitiu diferenciar o trecho, assim podendo ser considerada útil para a desambiguação dessas práticas epistêmicas em produções.

PALAVRAS CHAVE: Argumento, Explicação, Práticas Epistêmicas, Metodologia.

OBJETIVOS: O primeiro objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia que auxilie na desambiguação entre Argumentos e Explicações. O segundo objetivo é testar esta metodologia num trecho sobre sobrevivência de Tentilhões em Galápagos que foi usado como exemplo na polêmica entre Osborne e Patterson (2011 e 2012) e Berland e McNeill (2012) sobre diferenciar ou não Argumentos e Explicações.

MARCO TEÓRICO

A importância da argumentação e produção de argumentos no ensino de ciências pôde ser evidenciada pelo trabalho de Erduran *et al.*, 2015 em que os autores revisam publicações (1998 a 2014) em três das principais revistas da área – *Science Education* (SE), *International Journal of Science Education* (IJSE), and *Journal of Research in Science Teaching* (JRST). Nesse trabalho os autores trazem que artigos sobre argumentação estiveram entre os 10 mais citados da área. De 3,076 artigos publicados aproximadamente 5% estavam relacionados – argumentação.

Outra constatação interessante feita pelos autores é que houve uma tendência de aumento dos trabalhos relacionados com argumentação. Entre 1998 e 2002 houveram 19 artigos, entre 2003 e 2007 foram 27, de 2008 e 2012 foram 69 e entre 2013 e 2014, foram 38. Esse crescente fica evidente no gráfico abaixo retirado de Erduran *et al* (2015).

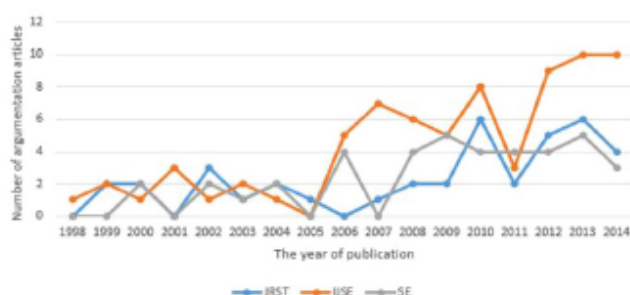


Gráfico 1. Publicações de artigos de 1998 a 2014 em SE, JRST e IJSE

A produção de argumentos é considerada por Kelly e Takao, 2002 prática científica importante, já que os produtos científicos como os artigos, comumente, se estruturam como grandes argumentos, vide sua intenção de convencer a comunidade a que se destinam. Latour e Woolgar em seu livro "A Vida no Laboratório: A produção dos fatos científicos" (1986) entende a argumentação como elemento importante na construção do conhecimento científico e na construção de teorias que expliquem o mundo. Ainda segundo os primeiros autores a produção de argumentos pode ser observada no discurso em sala de aula ou nas produções escritas dos alunos e seria uma forma de compreender o raciocínio do aluno.

De acordo com Osborne e Patterson (2011) tanto a construção de argumentos como de explicações são práticas epistêmicas científicas importantes, mas de acordo com esses autores faltaria clareza na distinção entre as duas e seria necessário diferenciá-las. Os autores argumentam que há uma confusão na literatura especializada, que se transporia para o ensino de ciências, na consideração do que é um "Argumento" e do que é uma "Explicação". Esta falta de clareza afetaria inclusive as diretrizes institucionais.

A revisão de Erduran *et al* (2015), assim como o artigo de Osborne e Patterson (2011) trazem a grande importância que a construção de argumentos adquiriu nos últimos anos, tanto na literatura especializada como nas diretrizes educacionais e por fim nos grandes exames de avaliação internacional de estudantes.

A importância dos Argumentos e Explicações pode ser observada hoje em importantes documentos balizadores do ensino de ciências no mundo. O Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA (National Research Council, 2012) têm a construção de explicações e o engajamento na construção de argumentos a partir de evidências como práticas epistêmicas a serem desenvolvidas. A falta de clareza entre o que é um "Argumento" e o que é uma "Explicação" pelos elaboradores dessas avaliações externas poderia acarretar em questões confusas para os estudantes, e, considerando-se que estes exames influenciam o currículo praticado pelos professores, confusões também no ensino de ciências pelos professores. No PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos - *Programme for International Student Assessment*) as Explicações e Argumentos aparecem como competências que se destinam a transmitir a ideia de que a pessoa cientificamente alfabetizada compreende e é capaz de realizar um conjunto básico de práticas que são essenciais para o Letramento Científico.

O trabalho de Berland e McNeill (2012) critica a alegada importância de diferenciar Argumentos e Explicações para os alunos, apesar de reconhecer que são epistemicamente diferentes. Isso já que ao distinguir isso poderia engessar e dificultar, para os alunos, a construção de Explicações ou Argumentos (Berland e McNeill, 2012). Esse mesmo trabalho afirma que haveria comumente a sobreposição destes nas produções dos alunos.

METODOLOGIA

A base teórica da diferenciação entre Argumentos e Explicações se baseou nos trabalhos de Osborne e Patterson (2011 e 2012), Berland e Mcneill (2012), Murcho (2003) e Toulmin (2006). Uma vez criada uma primeira versão desta metodologia ela foi aplicada num corpo de dados empíricos de produções de alunos de uma escola pública brasileira. A versão final desta metodologia decorreu do movimento de ir e vir entre a base teórica e os dados empíricos, tendo então sido aplicada ao trecho sobre sobrevivência de Tentilhões em Galápagos que foi usado como exemplo na polémica entre Osborne e Patterson (2011 e 2012) e Berland e Mcneill (2012).

A diferenciação se baseia na função epistêmica: nos Argumentos a conclusão é que está em cheque, é para tentar convencer que se está argumentando. Os elementos que levam a Conclusão (C) do Argumento são mais plausíveis que a própria Conclusão (C). Já nas Explicações o fenómeno ou fato a ser explicado não está sob dúvida, são os elementos que levaram a esse fenómeno que podem ser contestados: o fenómeno é mais plausível que os elementos apontados como responsáveis por este fenómeno (Murcho, 2003). Inclusive, Explicações podem pedir Argumentos que as defendam. Assim, quando houver conclusões concorrentes, mesmo que muitas vezes implícitas, espera-se encontrar Argumentos e não Explicações. Também quando a intenção da assertiva for convencer, esta estará relacionada a um Argumento; já para uma Explicação a intenção seria tornar aquele fenómeno mais claro.

Explicações são construídas quando se busca maior compreensão, quando se estabelece relação causal, quando se aplicam modelos, quando se estabelecem representações, quando se usam analogias, metáforas (Osborne e Patterson 2011).

As Explicações tentam elucidar o porquê de algum fenómeno se proceder, sem que este fenómeno esteja em discussão, podendo ser assim identificadas. O que deve ser explicado, a priori, já está estabelecido, isto é, não está em dúvida ou discussão; o que se demanda é uma Explicação para o fenómeno. Colocando simplificada, Explicações não são motivadas pela necessidade de persuadir a favor de uma conclusão, mas pelo desejo de responder – pergunta “Por quê?” (Osborne e Patterson, 2011). Explicações se apresentam como tentativas de formulação de relações causais ou de atribuição de coerência a uma alegação, em comparações, ou no uso metafórico de um modelo explicativo já estabelecido para uma situação análoga.

RESULTADOS

A metodologia de desambiguação de Argumentos e Explicações é apresentada ordenada conforme procedimentos de identificação e diferenciação (quadro 1.).

O fenómeno a ser explicado em uma Explicação será chamado de *explanandum* e os elementos causais, modelos e representações da realidade que se relacionam ao fenómeno (*explanandum*) da Explicação, serão chamados de *explanans*.

Quadro 1.
Algoritmo para diferenciar Explicações de Argumentos

1. Identificação da conclusão da assertiva:	– Identificação daquilo que se está tentando explicar ou justificar (Conclusão (C) ou <i>explanandum</i>).
2. Análise da intenção da assertiva:	– Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento. – Quando a intenção for deixar um fenómeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenómeno, trata-se de uma Explicação.

3. Análise da Conclusão (C) ou <i>explánandum</i> :	<ul style="list-style-type: none"> - Se o elemento [<i>explánandum</i> ou Conclusão (C)] estiver sob contestação, (<i>sub-judici</i>), trata-se da Conclusão (C) de um Argumento. - Se o elemento [<i>explánandum</i> ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado – prova, trata-se do <i>explánandum</i> de uma Explicação.
4. Análise da relação de plausibilidade entre os elementos:	<p>Consoante se as premissas são ou não mais plausíveis do que a conclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nos Argumentos: a Conclusão (C) é menos plausível que os elementos que levam a ela. Logo, se as premissas forem mais plausíveis, mais certas que a conclusão (Conclusão C), trata-se de um Argumento. - Nas Explicações: O <i>explánandum</i> (conclusão) é mais plausível que os elementos que levam a ele. Logo, se as premissas forem menos plausíveis, mais incertas que a conclusão (<i>explánandum</i>), trata-se de uma Explicação.
5. Presença de diferentes motivadores:	<ul style="list-style-type: none"> - Quando houver motivações concorrentes, uma em relação – outra, explícita ou implícita, a assertiva está relacionada a um Argumento. - Quando houver motivos que se somem para explicar o <i>explánandum</i> e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, esta se relacionaria a uma Explicação.
6. Tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006):	<p>Para as assertivas identificadas como Argumentos haverá a tentativa de reestruturação com o <i>layont</i> adaptado de Toulmin (2006), como proposto por (Driver <i>et al.</i>, 2000).</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>A correspondência permite visitar a origem e natureza dos Dados (D), das Conclusões (C) e Justificativas (J).</p>

Berland e McNeill (2012) trabalharam um exemplo para ilustrar a sobreposição. No exemplo, alunos respondiam: Como alguns Tentilhões nas Ilhas Galápagos foram capazes de sobreviver a uma catástrofe natural?

"Acreditamos que a razão pela qual alguns dos Tentilhões sobreviveram foi porque eles comiam a planta que foi capaz de sobreviver sem água chamada Tribulus. A tabela de cactos, Portulaca e Chamae mostram um grande decréscimo, tendendo a zero, da estação chuvosa de 73 (1973) a chuvosa 77 (1977), exceto para a planta de Tribulus. A planta de Tribulus diminuiu bastante, mas não o suficiente para desaparecer completamente. Sobreviveu após a seca da estação seca em 77. A pesquisa de quatro Tentilhões que sobreviveram mostrou que todos comiam Tribulus. O que significa que a seca não afetou a planta de Tribulus, que não afetou as aves da área que a comiam. De acordo com as informações que encontramos, nossa hipótese está correta. Ambos disseram que o Tribulus era a planta que melhor sobreviveu – seca em 77, o que assim não afetaria aqueles que a comiam." (tradução nossa de Berland e McNeill, 2012).

O algoritmo de diferenciação apresentado neste trabalho é aplicado com a intenção de desambiguar a produção dos alunos acima traduzida e aferir se trata-se de um Argumento ou uma Explicação e se há sobreposição destas práticas epistêmicas.

1. Aplicando o algoritmo proposto primeiramente identifica-se que o que os alunos almejam explicar/justificar é a sobrevivência dos Tentilhões – catástrofe (seca).
2. Na segunda etapa do algoritmo deve-se analisar a intenção da assertiva. A intenção aqui não é convencer que houve Tentilhões que sobreviveram – catástrofe, o que indicaria tratar-se de um

Argumento, mas deixar claro um fenômeno, explicar suas causas – a sobrevivência dos Tentilhões - logo indicando tratar-se de uma Explicação.

3. Na terceira etapa pode-se considerar que o fenômeno em questão não está sob contestação, como seria esperado num argumento, não há dúvida da sobrevivência de alguns Tentilhões, logo mais uma vez há indícios de tratar-se de uma Explicação.
4. Quando na quarta etapa do algoritmo se analisa a relação de plausibilidade dos elementos temos mais inferências de que se trata de uma Explicação. Para explicar a sobrevivência dos Tentilhões os alunos recorrem a uma série de elementos (*o explanans*), por exemplo, que quatro dos Tentilhões sobreviventes foram observados se alimentando da planta de Tribulus. A plausibilidade deste elemento pode ser entendida como menor que o fenômeno que ela tenta dar razão, já que, por exemplo, não foram vistos todos os Tentilhões sobreviventes comendo da planta de Tribulus e a sobrevivência dos Tentilhões é mais certa que o fato de que todos os Tentilhões sobreviventes se alimentaram da planta. O fenômeno da sobrevivência é mais certo que os motivos pelos quais ele ocorreu e essa relação de plausibilidade é mais coerente com Explicações que com Argumentos.
5. Na quinta etapa, quando se analisa a presença de diferentes motivadores, pode-se observar que o fato de alguns Tentilhões se alimentarem da planta de Tribulus e a capacidade desta planta de sobreviver – seca são motivos que não concorrem, como seria num Argumento, mas que se somam, como acontece em uma Explicação.
6. Por se tratar de Explicação não há tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006).

CONCLUSÃO

Berland e McNeill (2012) argumentam que a relação sinérgica entre argumentação e explicação é mais evidente nas discussões, mas que os produtos escritos dessas duas práticas também se sobreporiam significativamente. A produção sobre a sobrevivência dos Tentilhões é trazida como exemplo de sobreposição entre Explicação e Argumento.

Acreditamos que a metodologia proposta permitiu classificar o trecho exemplo como uma Explicação, podendo ser uma ferramenta útil para desambiguação das produções e das práticas epistêmicas em si. Neste sentido concordando com Osborne e Patterson (2011) de que é possível e desejável diferenciar a produção de Explicações e Argumentos.

BIBLIOGRAFIA

- BERLAND, L.K., McNEILL, K. L. (2012) For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 808-813.
- DRIVER, R., NEWTON, P., OSBORNE, J. (2000) Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms Science Education Volume 84, Issue 3. *Science Education*, v. 84, n.3, p.287-312.
- ERDURAN, S., OZDEM, Y., PARK, J.Y. (2015) Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, v. 2, n. 1, p. 1.
- KELLY, G.J., TAKAO, A. (2002) Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, v. 86, n. 3, p. 314-342
- LATOUR, B., WOOLGAR, S. (1986) *A Vida no Laboratório: A produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- MURCHO, D. (2003) Argumento, persuasão e explicação. *Lógica, Crítica*. p. 1-7, 2003. Disponível em: <<http://criticanarede.com/argforcaexpl.html>>. Acesso em: 11/dez/2014.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2012). *A framework for K-12 science education*. Washington, DC: National Academies Press.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. (2015). *PISA 2015. Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2015*. Paris: OECD.
- OSBORNE, J., PATTERSON, A. (2012) Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 814-817.
- OSBORNE, J., PATTERSON, A. (2011) A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, v. 95, n. 4, p. 627-638.
- TOULMIN, S. E. (2006) *Os usos do argumento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.

Objetivo

Apresentar uma metodologia para diferenciar Argumentos e Explicações.

Resultados

Algoritmo para diferenciar Explicações de Argumentos:

1. Identificação da conclusão da assertiva:	→ Identificação daquilo que se está tentando explicar ou justificar (Conclusão (C) ou <i>explanandum</i>).
2. Análise da intenção da assertiva:	→ Quando a intenção da assertiva for convencer, esta está relacionada a um Argumento. → Quando a intenção for deixar um fenômeno mais claro, apresentar as causas que levaram ao desenrolar deste fenômeno, trata-se de uma Explicação.
3. Análise da Conclusão (C) ou <i>explanandum</i> :	→ Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] estiver sob contestação, (<i>sub-judici</i>), trata-se da Conclusão (C) de um Argumento. → Se o elemento [<i>explanandum</i> ou Conclusão (C)] não estiver sob contestação, se não houver dúvida, se não estiver sendo colocado à prova, trata-se do <i>explanandum</i> de uma Explicação.
4. Análise da relação de plausibilidade entre elementos:	Consoante se as premissas são ou não mais plausíveis do que a conclusão: → Nos Argumentos: a Conclusão (C) é menos plausível que os elementos que levam a ela. Logo, se as premissas forem mais plausíveis, mais certas que a conclusão (Conclusão C), trata-se de um Argumento. → Nas Explicações: O <i>explanandum</i> (conclusão) é mais plausível que os elementos que levam a ele. Logo, se as premissas forem menos plausíveis, mais incertas que a conclusão (<i>explanandum</i>), trata-se de uma Explicação.
5. Presença de diferentes motivadores:	→ Quando houver motivações concorrentes, uma em relação à outra, explícita ou implícita, a assertiva está relacionada a um Argumento. → Quando houver motivos que se somem para explicar o <i>explanandum</i> e não concorram como diferentes hipóteses explicativas, esta se relacionaria a uma Explicação.
6. Tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006):	Para as assertivas identificadas como Argumentos haverá a tentativa de reestruturação com o layout adaptado de Toulmin (2006), como proposto por (Driver <i>et al.</i> , 2000). <div style="text-align: center;"> <p>Dado (D) que → assim, Conclusão (C) (Qualificador)(Q)</p> <p style="margin-left: 100px;">já que</p> <p style="margin-left: 100px;">Justificativa (J) Refutação (R)</p> <p style="margin-left: 100px;">a menos que</p> </div> <p>A correspondência permite visitar a origem e natureza dos Dados (D), das Conclusões (C) e Justificativas (J).</p>

Bibliografia

Berland, L.K., McNeill, K. L. (2012) For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 808-813.
 Murcho, D. (2003) Argumento, persuasão e explicação. *Lógica, Crítica*, p. 1-7, 2003. Disponível em: <http://lógica.ufrpe.br/revista/ver.php?revista=117&artigo=117>. Acesso em: 11/09/2014.
 Osborne, J., Patterson, A. (2012) Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. *Science Education*, v. 96, n. 5, p. 814-817.
 Osborne, J., Patterson, A. (2011) A Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, v. 95, n. 4, p. 627-638.
 Toulmin, S. E. (2006) *Os usos do argumento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.

Marco Teórico

De acordo com Osborne e Patterson (2011) argumentos e explicações são práticas epistêmicas científicas importantes, mas de acordo com esses autores faltaria clareza na distinção entre as duas e seria necessário diferenciá-las. Os autores argumentam que há uma confusão na literatura especializada, que se transporia para o ensino de ciências, na consideração do que é um "Argumento" e do que é uma "Explicação".

O trabalho de Berland e McNeill (2012) critica a alegada importância de diferenciar Argumentos e Explicações para os alunos, já que isso poderia engessar e dificultar sua construção e haveria comumente sobreposição entre estes nas produções dos alunos.

A base teórica da diferenciação entre Argumentos e Explicações se baseou nos trabalhos de Osborne e Patterson (2011 e 2012), Berland e McNeill (2012), Murcho (2003) e Toulmin (2006).

Aplicação e Conclusão

Exemplo de Berland e McNeill (2012) para ilustrar a sobreposição. Os alunos respondiam: Como alguns Tentilhões nas Ilhas Galápagos foram capazes de sobreviver a uma catástrofe natural?

"Acreditamos que a razão pela qual alguns dos Tentilhões sobreviveram foi porque eles comeram a planta que foi capaz de sobreviver sem água chamada Tribulus. A tabela de cactos, Portulaca e Chamae mostram um grande decréscimo, tendendo a zero, da estação chuvosa de 73 (1973) a chuvosa 77 (1977), exceto para a planta de Tribulus. A planta de Tribulus diminuiu bastante, mas não o suficiente para desaparecer completamente. Sobreviveu após a seca da estação seca em 77. A pesquisa de quatro Tentilhões que sobreviveram mostrou que todos comeram Tribulus. O que significa que a seca não afetou a planta de Tribulus, que não afetou as aves da área que a comiam. De acordo com as informações que encontramos, nossa hipótese está correta. Ambos disseram que o Tribulus era a planta que melhor sobreviveu à seca em 77, o que assim não afetaria aqueles que a comiam." (Tradução nossa de Berland e McNeill, 2012).

- (1) Identifica-se que o que os alunos almejam explicar/justificar a razão da sobrevivência dos Tentilhões à catástrofe (seca).
- (2) A intenção aqui não é convencer que houve Tentilhões que sobreviveram à catástrofe, o que indicaria tratar-se de um Argumento, mas deixar claro o fenômeno, explicar suas causas – da sobrevivência dos Tentilhões - logo indicando tratar-se de uma Explicação.
- (3) O fenômeno em questão não está sob contestação, como seria esperado num argumento, não há dúvida da sobrevivência de alguns Tentilhões, logo mais uma vez há indícios de tratar-se de uma Explicação.
- (4) Para explicar a sobrevivência dos Tentilhões os alunos recorrem a uma série de elementos (o *explanans*), por exemplo, que quatro dos Tentilhões sobreviventes foram observados se alimentando da planta de Tribulus. A plausibilidade deste elemento pode ser entendida como menor que o fenômeno que ela tenta dar razão, já que, por exemplo, não foram vistos todos os Tentilhões sobreviventes comendo da planta de Tribulus e a sobrevivência dos Tentilhões é mais certa que o fato de que todos os Tentilhões sobreviventes se alimentaram da planta. O fenômeno da sobrevivência é mais certo que os motivos pelos quais ele ocorreu e essa relação de plausibilidade é mais coerente com Explicações que com Argumentos.
- (5) A presença de diferentes motivadores, o fato de alguns Tentilhões se alimentarem da planta de Tribulus e a capacidade desta planta de sobreviver à seca são motivos que não concorrem, como seria num Argumento, mas que se somam, como acontece em uma Explicação.
- (6) Por se tratar de Explicação não há tentativa de correspondência ao modelo modificado de Toulmin (2006).

É possível e desejável diferenciar Explicações e Argumentos, mesmo em produções escritas nas quais a sobreposição seria mais significativa.

ANEXO I: Relatórios produzidos pelos estudantes após vivenciarem a SEI "O Mundo Microscópico"⁶⁸

Rat1_CB_01

Introdução: Estamos estudando sobre formigas larva-pé e uma pulga.

Objetivo: Estamos tentando descobrir o por que a pulga pula tão alto e o por que a picada da formiga dói tanto.

Hipóteses: Achei que ela tem nervos pelas e é leve por isso pula tão alto e eu acho que a pulga tem um sistema na perna que quando vai pular a leg pulga pula tão alto e a pulga pula mas por tem mais dobras na perna para aumentar a impulsão.

Materiais e métodos: Utilizamos uma larva larva-pé e uma pulga para estudo.

Resultados: Eu pensei que os pulgões não tinham pernas e pode ser um inseto por pular alto.

Conclusão: Como a formiga não tem dobras a nos na perna ela não tem impulso como a perna.

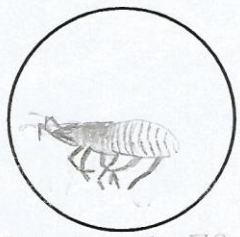
Colegio Brasília
2018-05-33 7^o A
Relatório Hooke Pulga

⁶⁸ Os nomes dos estudantes foram apagados de modo a preservar o anonimato dos mesmos.

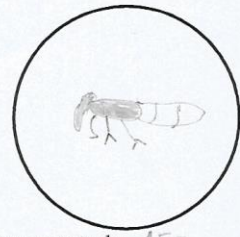
7º A

5. Resultados

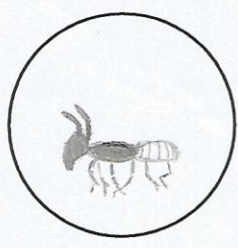
5.1 Desenhos dos insetos vistos ao microscópio



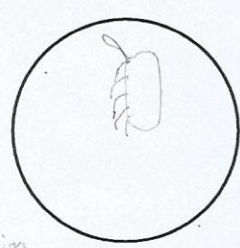
Pulga em aumento de: 70



Pulga em aumento de: 150



Formiga em aumento de: 70



~~Pulga~~ Formiga em aumento de: 150

5.2 Descrição dos insetos vistos ao microscópio

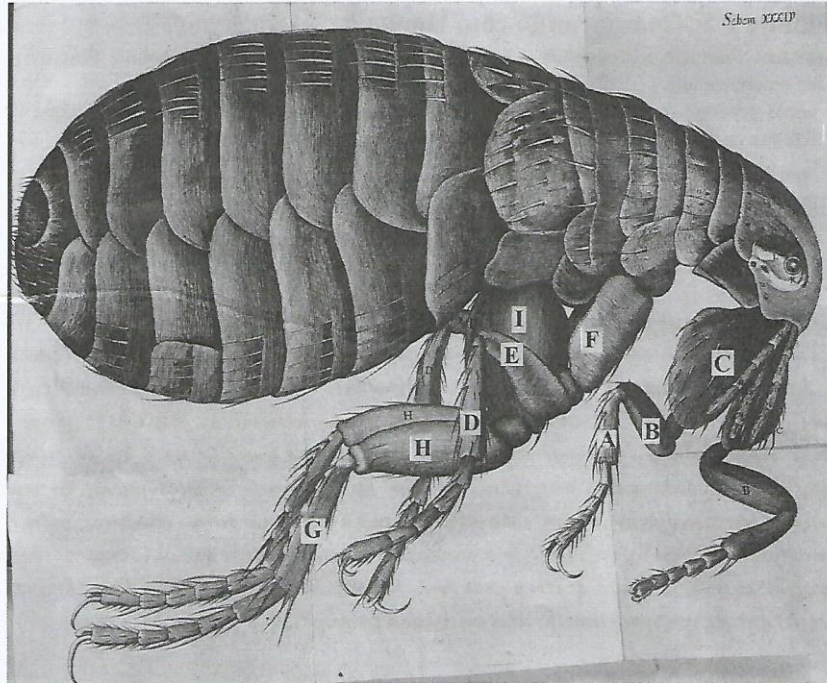
Pulga: sem o patas dela não consegue pular tão
alto. E ela é leve por isso consegue
pular bem alta

Formiga: a formiga pode não pular tão alta
por, tem menos deitar no pé.

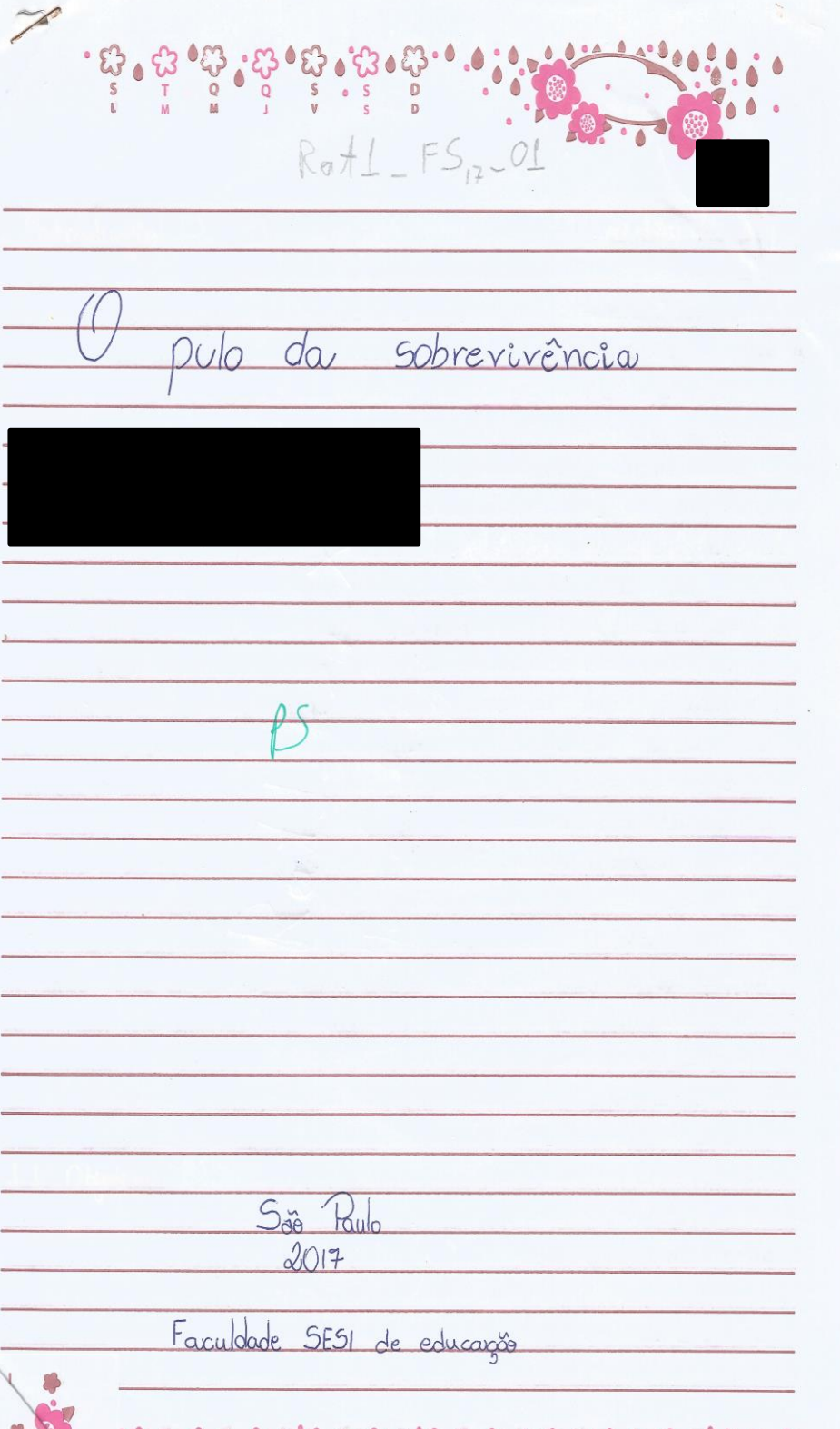
Algum outro resultado de achar importante para responder à questão de investigação:

Colégio Brasília
2018-05-03 7ª A
Comparando Hooke

Desenho (Ilustração científica) da pulga



- 1) Desenho de Hooke X meu desenho
O desenho de Hooke é mais detalhado
O meu tem menos pernas e partes
- 2) Descrição de Hooke X minha descrição
A descrição é diferente pois lá que
os pés se encaixam e lá um apêndice
- 3) Descrição de Hooke VS minha descrição
De modo que não tenha descoberto tudo isso
e no de Hooke foi mais detalhado





1. Introdução. PS

As pulgas são insetos sem asas. Pertence ao reino Animalia, filo Arthropoda, subfilo Hexapoda, classe Insecta, ordem Siphonaptera.

São parasitas obrigatórios que se alimentam de sangue de mamíferos e aves, usualmente animais de estimação. Estes animais podem transmitir doenças graves.

As pulgas apresentam ciclo de metamorfose completo. Quando se reproduzem colocam ovos (cerca de 300 a 400 de uma única vez), dos quais eclodem as larvas; estas se transformam em pupas, para então surgir em suas formas adultas, e só completa o ciclo para a forma adulta se as condições externas estiverem favoráveis para a sua sobrevivência, podendo ficar por meses nas condições de pupa. Isso explica a existência de pulgas em lugares que tenham permanecido durabilidade por muito tempo.

Uma pulga é capaz de pular 200 vezes o próprio tamanho, é equivalente a um humano saltar o comprimento de um campo de futebol. O tamanho de uma pulga, dependendo da espécie pode chegar a 5mm de comprimento.

1.1 Objetivo PS

Por que as pulgas pulam mais alto, proporcionalmente, do que qualquer outro animal?





1.2 Hipótese. PS

Acredita-se que possui uma musculatura mais propícia para o salto e também seu tamanho e peso são facilitadores, isto porque a musculatura é responsável pelos movimentos.

2. Materiais e métodos. PS

- microscópio óptico
- pinça
- 2 lâminas
- Pulga
- Formiga
- placa petri

Peguei a pulga que estava na placa de petri e coloquei na lâmina com a pinça, depois isso coloquei a lâmina no microscópio e focalizei. Após isso foi registrado em forma de desenho e todo o processo foi feito com a formiga.

Os fezes foram de 70x e 150x.





4. Conclusões

Concluímos que através das observações que realmente o tamanho do corpo e a estrutura dos patos são os responsáveis por realizar os saltos mais altos, proporcionalmente, do que os outros animais.

5. Bibliografia

GUNTHER, H. Como elaborar um questionário, Brasília: UnB, 2003

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Siphonaptera>

Semelhança com o Hooker

- segmentação nas pernas e presença de pilos e os debras

diferenças

- não foi desenhado o corpo no nosso registro
- posição.



Colégio Brasília
2018-06-30 7º B
Submarino

7º B

♥ Hipóteses:

1º Pela pressão da água, uma hélice por baixo do submarino gira a velocidade suficiente para sustentar o submarino na água.

Girando rápido e suficiente, fazendo o submarino emergir, desligando a hélice para que pesa do metal em relação à água seja maior fazendo com que ele afunde.

Conclusão:

o submarino contém:

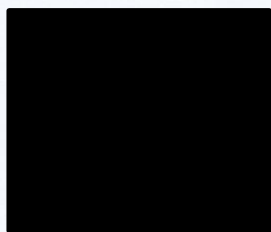

cilindros de ar no submarino, soltam a ar (dentro dele) fazendo ele boiar, e sugando o ar para ele o submarino afundar.

Rat3_CB_01

Rat3_CB_01

Colégio Brasília de São Paulo

7º ano C Laboratório de Ciências.

	_____	nº	
	_____	nº	
	_____	nº	
	_____	nº	
	_____	nº	

TÍTULO:

São Paulo,

2018

1. Introdução

O tecido têxtil é um material à base de fios de fibra natural ou sintética utilizada na fabricação de roupas, decoração de interiores, tapetes para limpeza, uso medicinal como faixas e curativos entre outros.

Os tecidos de fibras naturais, considerada básicas e clássicas, podem ter três origens, a origem animal, origem mineral e a origem vegetal. Os tecidos sintéticos são fibras produzidas pelo homem usando como matéria-prima produtos químicos da indústria petroquímica. Os tecidos planos são resultado do entrelaçamento de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulo reto.

2. Objetivo

Saber qual é o mais barato e o mais caro, contando as linhas que seria o trama e o urdume.

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

Para descobrir fizemos em todos os tecidos um quadrado com carpetinha de meio centímetro quadrado, e contamos o quanto de fio que contém essa peça. Depois pegamos a quantidade de fio, e multiplicamos por dois.

Utilizamos de material régua, marca texto, lupa, microscópio e carpetinha.

4. Resultados

Tecido	Trama	Urdume	Total
1	18	22	40
2	14	11	25
3	18	12	30
4	32	32	64
5	3	4	7

5. Discussão ou Análise e Conclusão

A conclusão que chegamos, é que esta é a ordem da mais cara ao mais barato: 4, 1, 3, 2, 5. Pois os mais caros possuem mais fios.

Referências

(1) Texto que recebemos da professora

1
 2
 3
 4
 5

T1

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 36 \\ \hline 132 \\ 792 \\ \hline 792 \\ + 40 \\ \hline 832 \\ + 240 \\ \hline 1072 \end{array}$$

$22 \rightarrow$
 $124 \rightarrow \text{trama}$

$$\begin{array}{r} 124 \\ + 13 \\ \hline 137 \end{array}$$

~~T9

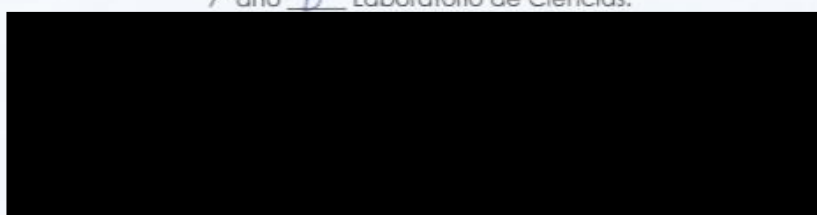
$$\begin{array}{r} 25.3 \\ \times 36 \\ \hline 1518 \\ 15180 \\ \hline 910.8 \\ + 2270 \\ \hline 3180.8 \\ + 14956 \\ \hline 18136.8 \end{array}$$~~

10
 16

Rat3_CB_19

Colégio Brasília de São Paulo

7º ano B Laboratório de Ciências.



Kauno Namie Sotai Kamae n° 25

_____ n° _____

TÍTULO:

Qual é o tecido
mais caro?

São Paulo,

2018

1. Introdução

Tecido é feito de fios de fibra natural ou sintética. Os tecidos de fibras naturais podem ter três origens: animal, mineral e vegetal. Os tecidos sintéticos são industrializados, sendo como materiais plásticos.

Formam o tecido através de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulo reto. Os fios no sentido do comprimento de trama e os fios no sentido da largura são chamados de urdimento.

Para identificar a qualidade de o peso do tecido é preciso saber de qual material é feito e para aquilo que não existe de algoritmo preciso para saber a quantidade de fios.

2. Objetivo

Descobrir qual é o tecido mais caro e porque

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

Materiais	MÉTODOS
lápiz borracha régua caneta microscópio lupa tecidos	Na primeira parte do trabalho de 2,54 centímetros e o diâmetro em 10 quadrados 5 vezes, apesar de 40% para a estrutura.

matéria

870

4. Resultados (Ordem: Do mais caro pro mais barato)

Secido 4: 4096 fios. JUTA: 56 fios.

Secido 1: 1248 fios.

Secido 3: 3076 fios.

Secido 2: 784 fios.

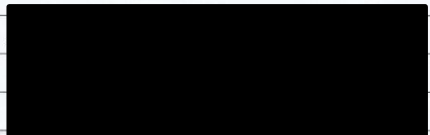
5. Discussão ou Análise e Conclusão

A nossa conclusão foi o tecido 4 - sendo 3 - tecido 1 - tecido 2 - tecido 3 - fios
 (do mais caro para o mais barato)
 Como o tecido 4 e 2 não conseguiram a ter a seta, os tecidos 1 e 3 a seta
 não conseguiram com a máquina

Referências

2, 54

nome:



Assunto: Têxtil do Curso

Introdução:

O texto irá seguir iniciando nosso trabalho, que leva como título "fio a fio", comparando tecidos têxteis. Fabricados à base de fios de fibra natural ou sintética, utilizados para produzir roupas, toalhas de mesa, panos de limpeza, uso medicinal em faixas ou curativos, etc. Os tecidos de fibra natural, podem ser feitos à base de três origens, a origem animal, mineral e vegetal. Já os sintéticos são feitos com produtos químicos como o Poliéster PES, a Poliamida PA, o acrílico PAC, o polipropileno PP e o Poliuretano elastomérico PUR, além das Aramidas.

A qualidade e preço de um tecido estão relacionados ao material de que é feito esse e, no caso dos fios por 100% de algodão à quantidade de fios que o formam.

© Disney

MINNIE mouse



Rat3_FS19_01

Objetivo:

"Ordenar os tecidos em ordem crescente de qualidade, considerando e apresentando para uso a quantidade de fios que cada tecido apresenta para compor sua trama."

Hipótese:

Quanto mais maleável o tecido, é mais macio, e ao eltar é quase impossível de contar os fios.

Materiais e métodos:

- * 5 tipos diferentes de tecidos
- * Microscópio
- * Luva
- * Régua
- * Agulha
- * Pasta de fundo escuro

1º passo: Introduzir o texto, para melhor compreensão.

2º passo: Observar os diferentes tecidos, a olho, com o auxílio da luva, e com o auxílio do microscópio.

3º passo: Contar quantos quadradinhos km por polegada, em cada tecido

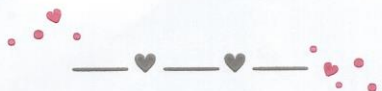
4º passo: Analisar os resultados obtidos.

Resultados:

Reportar das análises dos fios verificamos o seguinte:

MINNIE
mouse

tilibra



	NUMERO HORIZONTAL	NUMERO VERTICAL	POLEGADA ²
Tecido 1	58	56	334
Tecido 2	34	29	63
Tecido 3	39	41	80
Tecido 4	64	66	120
Tecido 5	8	9	37

Visualização





FIGURA 4
(OLHANDO PELO MICROSCÓPIO)

A partir da Tabela e dos desenhos apresentados podemos verificar os tamanhos dos quadradinhos e quantos quadradinhos há por polegada quadrada.

- A ordem pela qual optamos por classificar foram as seguintes: 5, 2, 1, 3, 4. Pois conforme um tecido passa para o outro fica mais difícil a visualização dos fios.

Conclusão

Podemos então concluir a partir dos resultados e observando os desenhos que quanto maior for a quantidade de linha por polegada (2,5 x 2,5) melhor será a qualidade do tecido, quanto menor for a quantidade de linha "por" cm², é menos maleável.

© Disney
MINNIE
mouse

tilibra

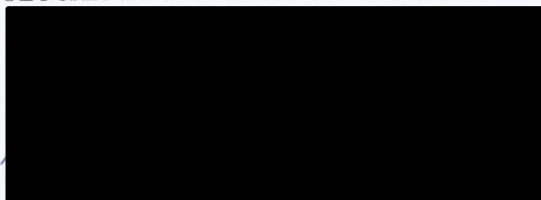
Rat4_CB_01

172
Rat4_CB_01

COLOCAR A ESCOLA

COLOCAR A SÉRIE E DISCIPLINA

COLOCAR OS NOMES DOS INTEGRANTES



TÍTULO

CIDADE

ANO

[Digite texto]

10/1

1. Introdução

Falar sobre a cortiça e a cenoura. Falar sobre flutuabilidade, sobre o que faz alguma coisa flutuar ou afundar.

A cortiça tem origem vegetal, a canoa também, (Brasil) a cortiça é formada pela casca exterior da árvore "sobreiro", sua espécie é "Quercus suber".

2. Objetivo

Copiar as três questões de investigação do Robert Hooke

Por que é tão leve?

Por que flutua na água?

Por que pode ser comprimida e depois volta ao tamanho normal?

3. Hipóteses

Material	Hipótese (Afunda ou Flutua? e Por que?)
Cenoura	Vai afundar, porque ela é mais pesada que a água e pode entrar água dentro dela.
Cortiça	Vai flutuar, porque ela é mais leve do que a água e não é possível entrar a água dentro dela.

4. Metodologia ou Materiais e Métodos

Contar aqui como o experimento de flutuabilidade e a investigação usando o microscópio foram feitos.

Para observar se flutua ou afunda, utilizamos o Becker com água e colocamos a cenoura e a cortiça dentro. Utilizamos a lamina com cenoura e a cortiça.

(Para cortar a cenoura usamos o microtomo.)

A observação foi feita com o microscópio óptico,

chegando à conclusão.

[Digite texto]

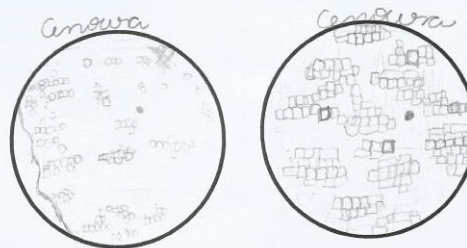


5. Resultados

Desenhar com os dois menores aumentos a cenoura *cenoura*
(não esquecer de registrar o aumento)

Desenhar com os dois menores aumentos a cortiça *cortiça*

Descrever a diferença



[Digite texto]

6. Discussão ou Análise e Conclusão

Aqui vocês precisam responder as três questões do Hooke, achar alguma coisa na estrutura microscópica da cortiça e da cenoura que explique ou sirva de argumento. Vocês precisam também dizer se a hipótese de vocês estava certa ou não e porquê.

A cortiça flutua, porque ela é leve, e não há nenhuma forma para penetrar água, já a cenoura afunda porque ela é mais pesada e tem como penetrar água por sua casca.

A cortiça é leve pois o ar consegue penetrar na casca, sendo uma parte ar.

É possível comprimir e depois ela volta ao seu formato normal, pois com parte dela sendo ar fica mais fácil dela ser apertada e aos poucos vai voltando ao formato normal.

Nessa hipótese não estava totalmente errada, mas faltava informações, como que o ar consegue penetrar na cortiça deixando-a mais leve.

Referências

[Digite texto]

FASESP

Da raiz da
cortica!



São Paulo
2019

Imperatriz Leão

INTRODUÇÃO

A cortiça é um material muito utilizada por exemplo para a confecção de rolhas e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, cuja nome científico é Quercus suber. Esta é uma espécie típica de regiões do sul da Europa, como Portugal e Espanha, e do Norte da África.

No Brasil há espécies de árvores que também possuem uma casca externa formada de cortiça, como o mulungu (Eurhymus mulungu), no Nordeste, e a Kalmeyra (Kalmeyra canacea), de grande ocorrência nas serradas. Essas árvores possuem folhas verdes a ano todo e sua característica mais importante é a casca externa, formada pela cortiça.

OBJETIVOS

- 1º Porque a cortiça é leve?
- 2º Porque a cortiça flutua na água?
- 3º Porque a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original)?

HIPÓTESE

Estabelecemos uma relação entre a leveza e a flutuabilidade com a densidade, pois quanto menor a massa menor a densidade, portanto por a cortiça ser leve ela flutua mais.

Em relação a elasticidade a maciez da árvore.

MATERIAIS:

- cortiça
- microtomo (parafuso)
- Cebola
- Lâmina do microscópio
- Microscópio
- balança

ME Todos:

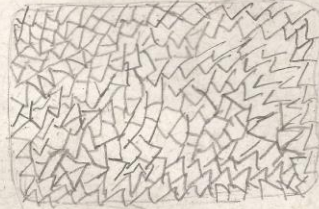
Primeiro cortamos a cenoura para analisarmos no microscópio. Depois, analisamos a cortiça, pesamos-a na balança. Para compararmos com nossa hipótese.

Resultados:



Cenoura

- Lisa
- Dura
- Aspera



CORTIÇA

- ondulações.
- vasos (buracos).
- textura porosa.
- maciez.

Discussão e conclusão:

$$D = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{708}{2413} = 0,29 \text{ g/cm}^3$$

Altura · largura · profundidade



$$15 \cdot 615 \cdot 215$$

Associamos a leveza da cortiça com sua aparência. Por na formação dela ter vasos (furos), fazendo com que ela não tenha matéria acumulada, a deixando mais leve.

A Flutuabilidade está ligada com sua densidade baixa, sendo menor que a água.

Também, pelas suas vasos, pensamos que pela menor quantidade de matéria, não seja tão compacta, dura,

CONCLUSÃO

Sabendo que sua leveza se dá a partir de suas vasões
conclui-se que sua massa é pequena e conseqüentemente
sua densidade é menor, fazendo a cortiça flutuar. Já
que sua massa é pequena, a cortiça é mais elástica
ca por ser menos compacta, considerando suas vasões.

Entre Cortiças e

Amouros

Faculdade SESI de Educação

1º CN.

São Paulo - 2019

Introdução

A cortiça é um material muito utilizado por exemplo para a confecção de rolhas e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, cujo nome científico é Quercus suber. Esta é uma espécie típica de regiões do Sul da Europa, como Portugal e Espanha, e do Norte da África.

No Brasil há espécies de árvores que também possuem uma casca externa formada de cortiça, como o mulungu (Excoecaria mulungu), no Nordeste, e a Kielmeyera (Kielmeyera coriolla), de grande ocorrência nos cerrados. Essas árvores possuem folhas verdes o ano todo e sua característica mais importante é a casca exterior, formada pela cortiça. Elas são encontradas em algumas cidades; em São Paulo, há Quercus suber no Parque da Luz e Kielmeyera no Campus da USP.

Objetivo

O objetivo do experimento é responder as três questões de investigação propostas por Robert Hooke.

- 1 - Por que a cortiça é leve?
- 2 - Por que a cortiça flutua na água?
- 3 - Por que a cortiça é elástica?

Hipótese

Exantomas uma hipótese que responde às 3 questões de forma diferente: A cortiça tem póros (pequenos espaços entre as menores unidades formadoras da cortiça). Esses póros além de a tornarem mais leve faz com que a mesma flutue na água e possa ser comprimida, voltando ao tamanho normal posteriormente.

Materiais e Métodos

- Microscópio
- Lâmina de vidro
- Laminula
- Lâmina de metal cortante (gilete)
- Pinça metálica
- Amostra de cortiça
- Amostra de madeira

A cortiça foi cortada com a lâmina metálica, sendo tomada como amostra em um corte vertical de espessura microscópica. Esse recorte foi colocado na lâmina e pressionado com a laminula para observar no microscópio.


A lâmina foi presa com a ~~pinça~~ presilha e usamos a lente 4x. Procuramos analisar toda a extensão da amostra para termos uma visão geral da cortiça.

Resultados

As análises no microscópio percebermos que a estrutura da cortiça muito se assemelha a um tecido pois existem nervos por toda a extensão da amostra, com dutos mínimos entre um e o outro.

Sobre a aneira, as normas no microscópio, vimos que a sua superfície é lisa e muito se assemelha com o tecido muscular liso humano, pois existem delimitações tenues verticais sobre toda a extensão da amostra.

Discussão e Conclusão

Concluímos, a partir do que foi observado e estudado que a principal diferença entre a aneira e a cortiça se encontra na sua mesma estrutura; no caso da cortiça foi chamada de "célula" por Robert Hooke, na verdade são espagos microscópicos, em contrapartida, na aneira existem delimitações de espagos, porém eles se encontram 

Cartiga



Lenovia



Nome: [REDACTED]

Introdução:

Robert Hooke, dedicou-se à observação de estrutura da cortiça, para tentar descobrir o que fazia dela um material tão leve e flutuante, pois bem ele teve a ideia de cortá-la em fatias finas, bem finas para serem observadas atentamente no microscópio e foi através do aumento das lentes que ele pôde constatar que a cortiça era formada por um grande número de cavidades ou buracos com ar.

A cortiça é um material bastante utilizado como por exemplo principalmente na confecção de rolhos, e tem origem vegetal, vindo da casca de uma árvore chamada sobreiro, contudo no Brasil há espécies de árvores que possuem casca formada de cortiça, o mulungu é típico no Nordeste, essas árvores têm folhas nudes todo ano e uma característica importante é a casca estivar formada pela cortiça.

Objetivo: Por que a cortiça é leve, flutua na água e além disso é elástica.

Hipótese: Por que a cortiça é leve? por ser pouco densa e porosa com espaços preenchidos por ar.

Por que a cortiça flutua? Pelo fato de além dos gases em seu interior a estrutura molecular é apolar ou seja impede a absorção de água.

Por que ela é elástica? A estrutura molecular por ser grande, possui ligações medianas entre as moléculas e os espaços

preenchidos com ar em seu interior quando comprimido a cortiça não se despedaça e os gases se expandem fazendo com que a cortiça atome estado normal.

Materiais

- Microscópio óptico
- Lâmina de vidro
- Cortiça
- Microtomo e gilete.

Métodos

O método partiu da observação a olho nu, apalpando a cortiça para compreender como poderia ser constituída sua estrutura.

Foi utilizado o microscópio para observar, e também lâmina com as amostras em finas partes da cortiça, focalizando os detalhes de 200x a 1000x.

Através da análise foi observado os espaços que a constitui.

Resultados

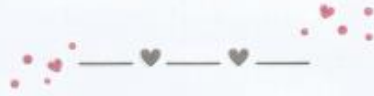
Os resultados obtidos da cortiça corroboram a hipótese de que sua estrutura é porosa com espaços preenchidos por ar fazendo com que ela seja leve e menos densa que a água, e também elástica por possui cavidades com espaços contendo ar, provocando uma pressão podendo liberar os gases que foram comprimidos volta a se expandir retornando ao normal.

Conclusão

O procedimento realizado utilizando o microscópio foi possível detectar que as condutas são constituídas de ar e a lamina de água, isso faz com que uma tem a densidade maior que a água e outra flutua, a lamina afunda justamente por ser lamina de água.

→ Continuação
Métodos

Comparando a lamina com a estrutura da cortiça fica perceptível de analisar suas diferenças distintas entre suas estruturas internas, pois a cortiça contém espaços preenchidos com ar, e a lamina é preenchida com água, visões foram observadas nas duas amostras de cortiça e lamina, porém a cortiça possui propriedades elásticas por ter espaços com ar.



nome:



1º Ano de Ciências da Natureza FASESP

Profº Iluago Del Corso

Tema: Robert Hooke e a Célula

São Paulo, 17/06/19

© Disney

MINNIE
mouse

tilibra



Introdução

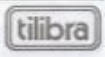
Esse texto inicia esse trabalho com o tema análise de cortiça. Ele foi baseado no livro do livro O mundo Microscópico, de Robert Hooke. As adaptações consistem em uma livre tradução.

O cortiço é um material de origem vegetal da casca dos robreiros, que é com grande poder isolante.

Objetivo:

- 1º Porque a cortiça é leve?
- 2º Porque a cortiça flutua no água?
- 3º Porque a cortiça é elástica (pode ser comprimida e depois volta à forma original?)

MINNIE mouse





Hi-olise:

1º Porque são pequenos resíduos de madeira

2º Ela flutua porque ela é menos densa que a água

3º Ela é elástica pelo fato de ser pequenos resíduos de "madeira", ela pode ser compactada mas não retorna ao normal

Materiais e Métodos:

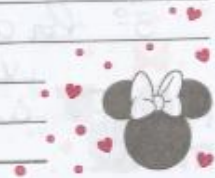
- * Microtomo
- * Lâmina metálica
- * Microscópio
- * Lâmina (gileti)
- * Lâminas
- * Córneo
- * Câmara
- * Lâminula

1º Introduzir o tema abordado, e explicar a atividade proposta

2º Preparação da lâmina com auxílio do microtomo e da lâmina metálica

3º Na lâmina em que contém a córneo deve-se colocar a lâminula, para que não aconteça ao pequeno parte escapar da lâmina

tilibra



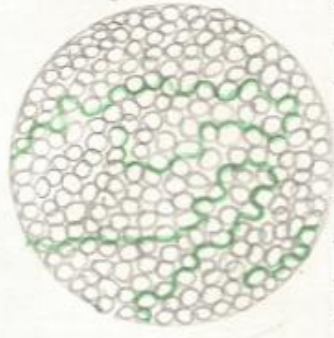


Questões

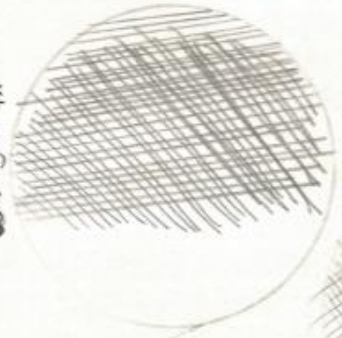
CENDURA 4x



CENDURA 30x



CORTIÇA 4x



CORTIÇA 30x



CORTIÇA 40x

© Disney

Mouse

tilibra



A partir da visualização das células do cascaço e do cortiço podemos verificar que as células do cascaço são mais arredondadas, enquanto a do cortiço são muito semelhantes as de casca (só visto em 4x e 10x), já quando vemos a 40x podemos ver que suas células são levemente cilíndricas, quase retangular.

Conclusão

Podemos concluir que após a observação feita pela microscopia que quanto a cascaço quanto o cortiço são feitos de matérias vegetais, pois além de serem verdes quando aumentamos o zoom da microscopia, não são ilusões e menos densas proporcionando que suas pequenas partes flutuem na água, as moléculas pesadas do cortiço permanecem a maioridade, e assim como flutuam.



Rat5_CB_01

Colégio Brasília de São Paulo

7º ano B Laboratório de Ciências.



nº

TÍTULO:

A diferença entre

Cabelos



São Paulo,

2018

1. Introdução

Ha muitos tipos de cabelos, existe em media 150.000 fios capilares na cabeça de uma pessoa adulta. Ou seja 150.000 fios com diferentes formas.

Nesse grupo se interessou por todas os tipos e formas e cores que podem ser manipuladas

2. Objetivo

Perguntas:

- * O que acontece quando o cabelo recebe química?
- * Por que ele tem essa forma?
- * Eles são diferentes por si próprios ou o shampoo modifica?
- * O que o condicionador modifica?

3. Metodologia ou Materiais e Métodos

- * 4 amostras de cabelo de cada uma
1 sem lavar
1 normal (de agora)
1 lavado só com shampoo
1 sem lavar

- * 1 Microscópio
- * Laminulas
- * Laminas

Observamos todas as amostras para comparar as diferenças entre os fios.

4. Resultados

Com e sem químicas



Gravamento
3.5x



sem lavar



lavado c/ shampoo e condicionador



só c/ shampoo
(funtone)

5. Discussão ou Análise e Conclusão

Quando o cabelo recebe química, ele fica mais grosso, porém, com a camada externa mais grossa, quando fica sem lavar ~~fica mais~~ ele escurece, perdendo o brilho.

O cabelo lavado apenas com shampoo, fica mais claro e fino. Descobrimos que com o passar do tempo, o cabelo perde a cor. Também ~~isso~~ descobrimos que o condicionador o cabelo fica mais fino.

Rat5_FS18_01

Escola SESI vila Leopoldina

Relatório de investigação autoral

São Paulo

Junho de 2018



Relatório de investigação autoral

São Paulo
Junho de 2018

Introdução:

As lentilhas d'água (*Lemnas sp*) são comumente encontrados em lagos e lagoas do Brasil, servem de alimento para patos, morcegos. No mundo ela é a menor angiosperma e é utilizada para tratamento de água.

Sua reprodução ocorre por brotação, sua temperatura ideal é de 30°C - 32°C, elas só precisam de sol, água, em alguns casos areia e nutrientes para sobreviver.

Ela é capaz de reduzir de 15% a 20% do esgoto, por tal fato é utilizada em estação de tratamento dos EUA, China, Índia e Áustria.

Objetivo:

* Comparar a estrutura das folhas, raízes e o crescimento populacional das *Lemnas* em diferentes PHS.

* Acompanhar o crescimento populacional em ambiente com nutrientes e sem nutrientes.

Materiais:

- Béquer
- Pinça
- *Lemnas*
- Vinagre
- Cal viagem
- Água
- Humos de minhoca (terra)
- Microscópio
- Lâmina de microscópio
- Medidor de pH

Resultados:

1º Experimento

1º dia 13/06: As Lemnas foram colocadas nos béqueres com pHs 3,5,7,9 e 11 todas as lemnas vivas.

2º dia 14/06: As Lemnas de pH 3 e morreram e a do pH 11 está dando sinal de que não aguentará muito tempo.

3º dia 15/06: As Lemnas de pH 3 e 11 morreram e a do pH 5 está começando a morrer.

Devido a permissão para ter acesso ao laboratório não poderemos verificar no final de semana o desenvolvimento.

5º dia 18/06: Foi observado que as lemnas com pH 5 adquiriu fungos, provavelmente por causa do experimento do segundo ano, foi medido o pH de todos os béqueres e podemos perceber que o pH 9 alterou - se para pH 7.

2º Experimento

Após 5 dias de Experimento podemos perceber que com a presença de nutrientes facilitou na recuperação das Lemnas que não estavam muito boas. Suas raízes cresceram, inclusive em sua espessura. Também houve variação, mas folhas, elas cresceram mais nos béqueres com nutrientes e da população que estava mais "fraca" houve melhora, porém não recuperação ainda devido ao tempo, acreditamos que com o passar dos dias elas podem se recuperar.

Conclusão:

Como observamos, as lemnas são capazes de sobreviver quando estão em pH 7, pois quando estavam em pHs 3, 5, e 11, morreram.

E também observamos que possivelmente as lemnas conseguem alterar o pH de 9 para 7, possibilitando assim a sobrevivência.

As lemnas sobrevivem sem nutrientes externo, porém não tem boa qualidade (folhas menores e mais claras raízes mais finas e curtas) sua reprodução também é reduzida. Nos nutrientes podemos perceber não só uma qualidade melhor nas Lemnas, mas também uma melhora das que eram mal desenvolvidas.

Fotos do experimento 1



Handwritten notes in the top right corner of the page, including the words "Vive d..." and "12.20".

Fotos do experimento 2

