



Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico

An analysis of the reasoning used by students
when solving problems related to physical
knowledge activities

Rogério José Locatelli

Instituto de Física
Universidade de São Paulo
locatellirj@yahoo.com.br

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo
ampdcarv@usp.br

Resumo

A partir de reflexões, surgiu o interesse de verificarmos se nas aulas de ciências nas quais foram aplicadas as atividades de conhecimento físico, os alunos do ensino fundamental, encontram condições para desenvolverem, através da metodologia de ensino por investigação, argumentos que concordem com o padrão “se, e, então, e/mas, portanto”, proposto por Lawson (2002, 2004), muito presente em importantes descobertas científicas. Para realizarmos nossa análise com maior precisão, também fizemos uso do “*layout* dos argumentos”, sugerido por Toulmin (2001). Isso possibilitou que verificássemos, nas aulas, durante as etapas metodológicas caracterizadas como experimentais, das perguntas do “como?” e do “por quê?”, indícios de como as explicações dos alunos evoluíram, passando da coleta dos dados e da formulação e teste de hipóteses à verificação das relações entre as variáveis e, segundo Piaget (1976), ao estabelecimento de sistemas de compensações.

Palavras-chave: raciocínio hipotético-dedutivo, relações compensatórias, ensino fundamental.

Abstract

From reflections, arose the interest in verifying if in the Science lessons in which the physical knowledge activities were applied the elementary and junior high school students have the necessary conditions to formulate, through the teaching by investigation methodology, arguments in accord with the “if, and, then, and/but, therefore” pattern proposed by Lawson (2002, 2004), widely present in important scientific discoveries. In order to carry out our analysis more precisely, we also utilized the “layout of arguments” suggested by Toulmin (2001). This made it possibly for us to verify, in the lessons, during the methodological stages classified as experimental, of the “how” and “why” questions, traces of how the students’ explanations evolved, going from the data gathering and the formulation and trial of hypothesis to the examination of the relationship between the variables, and, according to Piaget (1976), to the establishment of compensation systems.

Key words: hypothetico-deductive reasoning, compensation, elementary school

Introdução

No ensino de ciências, torna-se fundamental pensarmos quais objetivos metodológicos devem ser valorizados durante a aula, a fim de oferecermos condições aos estudantes para que, por meio de um ambiente interativo, possam vivenciar e desenvolver importantes aspectos presentes na cultura científica, como a argumentação, o raciocínio hipotético-dedutivo e o estabelecimento de relações compensatórias.

Estudando a possibilidade de introduzir os alunos na cultura científica, surgiu o interesse de verificarmos se as atividades de conhecimento físico, planejadas para fazerem parte do currículo das primeiras séries do ensino fundamental (7 a 10 anos) oferecem condições para que os alunos possam construir argumentos que expressem em sua estrutura, o início do raciocínio hipotético-dedutivo e o estabelecimento de relações compensatórias.

Uma parte do programa de Ciências para o Ensino Fundamental diz respeito ao conhecimento do mundo físico, e para o seu desenvolvimento procuramos planejar atividades de conhecimento físico (CARVALHO et al. 1998) que têm por objetivo levar os alunos a resolverem problemas do mundo físico, dentro de suas capacidades, procurando de maneira sistemática uma solução e uma explicação para esse problema.

No planejamento dessas atividades, além de focalizarmos o conhecimento físico, procuramos também propor uma metodologia de ensino que levem em conta os conhecimentos produzidos pelas pesquisas na área de ciências.

Assim propomos problemas experimentais para que os alunos os resolvam em grupos pequenos (4 a 5 crianças). Nessa etapa os alunos, ao procurarem uma solução, agem sobre os objetos, mas uma ação que não se limita à simples manipulação e/ou observação. Na discussão com seus pares, eles refletem, levantam e testam suas hipóteses. Discutem explicando aos outros colegas de grupo o que estão fazendo. O trabalho prático é fundamental para a criação de um sistema conceitual coerente e proporciona, quando os alunos discutem no grupo, ‘o pensamento por trás do fazer’.

Depois dos grupos terem achado suas soluções organizamos a classe em uma grande roda, dirigida agora pela professora, de tal modo que os alunos possam relatar para toda a classe o que fizeram, buscando, em pensamento – metacognição-, o “como” conseguiram resolver o problema e o “por quê” deu certo. Agora a aula proporciona espaço e tempo para a

sistematização coletiva do conhecimento e da tomada de consciência do que foi feito. Ao ouvir o outro e ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado. O desenvolvimento de atitudes científicas vai sendo proposto e sistematizado (HARLEN 2000) e é nessa etapa que existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos. Com a ajuda da professora, pretende-se obter uma melhora na argumentação utilizada pelos alunos proporcionando uma real comunicação entre eles (HARLEN 2001). É o início do ‘aprender a falar ciência’ (LEMKE 1997).

Mas ciência não se faz só fazendo e relatando o que se fez. É necessário também aprender a escrever ciência (SUTTON 1998). O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de ciência. Enquanto o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir idéias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento. Como argumentam Rivard e Straw (2000)

‘O discurso oral é divergente, altamente flexível, e requer pequeno esforço de participantes enquanto eles exploram idéias coletivamente, mas o discurso escrito é convergente, mais focalizado e demanda maior esforço do escritor’.

Assim nossas atividades de ensino terminam com o pedido da professora para que as crianças desenhem e elaborem individualmente um texto sobre o que se fez em sala de aula.

Ao planejarmos nossas atividades de conhecimento físico para os alunos de o curso fundamental, procuramos resgatar as incertezas da Ciência enquanto atividade humana. Movidos por esse objetivo, organizamos o ensino para que nossos alunos experimentem, hipotetizem e argumentem sobre os conceitos científicos. Como afirma Sutton (1998)

‘Se restabelecemos a autoria humana e re-admitirmos a incerteza e a possibilidade de argumento, podemos auxiliar estudantes a adquirir uma idéia de ciência não fabricada’.

As aulas que planejamos abrangem atividades com água, ar, luz, equilíbrio e movimento. Essas aulas, visando a formação de professores estão gravadas em vídeo e a disposição na internet, no site <www.lapef.fe.usp.br>.

Estas atividades passaram a ser foco de investigações com a finalidade de compreendermos como os alunos constroem o conhecimento científico (CARVALHO, 2004, 2007, CAPECCHI e CARVALHO 2000).

Acompanhando o desenvolvimento da questão – como os alunos constroem o conhecimento científico em sala de aula – a questão que motivou e moveu a presente pesquisa foi a seguinte: *“Os alunos, ao resolverem os problemas intrínsecos nas atividades, apresentaram indícios da utilização da estrutura hipotético-dedutiva e do estabelecimento das relações compensatórias?”.*

Estaremos em alguns momentos, abordando também o papel do professor e a sua responsabilidade na criação de um ambiente em que os alunos se sintam a vontade para expor seus pensamentos e argumentarem a partir de seus próprios raciocínios nas dinâmicas de sala de aula, pois, como coloca Monteiro & Teixeira (2004), o estímulo à observação, a participação e a livre manifestação de idéias são atitudes que devem ser asseguradas para que os alunos possam construir argumentos segundo características da cultura científica.

Nos próximos itens mostraremos os referenciais teóricos que serviram de base para a análise das aulas.

O raciocínio hipotético-dedutivo e um estudo dos argumentos

O padrão de argumentação proposto por Toulmin

Apresentaremos a seguir alguns pontos centrais referentes à argumentação extraídos do livro “Os usos do argumento”, de Toulmin (2001). Esta breve discussão tem como objetivo direcionar nosso trabalho para o estudo dos argumentos utilizados no campo das ciências, mais especificamente os argumentos hipotético-dedutivos.

Segundo o autor, podemos produzir argumentos de muitos tipos, contudo certas semelhanças básicas podem ser reconhecidas, revelando uma série de estágios distintos, tendo início com a apresentação de um problema ou uma pergunta.

O autor faz distinções entre os fundamentos para a alegação, os dados e as conclusões. Esse processo é escrito de forma resumida na expressão: “se D, então C”, sendo necessária a presença de proposições gerais hipotéticas que sirvam como pontes capazes de estabelecer uma ligação entre os argumentos específicos e sua respectiva conclusão. Toulmin (2001) distingue e denomina essas proposições como sendo garantias.

Esse processo em que se utiliza ou se estabelecem “garantias” é indicado normalmente pela palavra “dedutiva” (TOULMIN, 2001, p.173).

Se tivermos de levar em consideração essas características de nosso argumento, o modelo terá de ser mais complexo, ou seja, por exemplo, apresentar a seguinte estrutura constituída pelos principais elementos: “o dado”, “a conclusão” e a “justificativa”. A estrutura básica para se apresentar um argumento é: “a partir de um dado (D)”, “desde que a justificativa, ou garantia (W)”, “então se chega à conclusão (C)”. No caso de um argumento completo, podemos acrescentar os qualificadores modais (Q) e condições de exceção ou refutação (R), indicando assim, um “peso” de plausibilidade para determinada justificativa para dar suporte à conclusão. Assim, os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada justificativa, complementando a ‘ponte’ entre dado e conclusão.

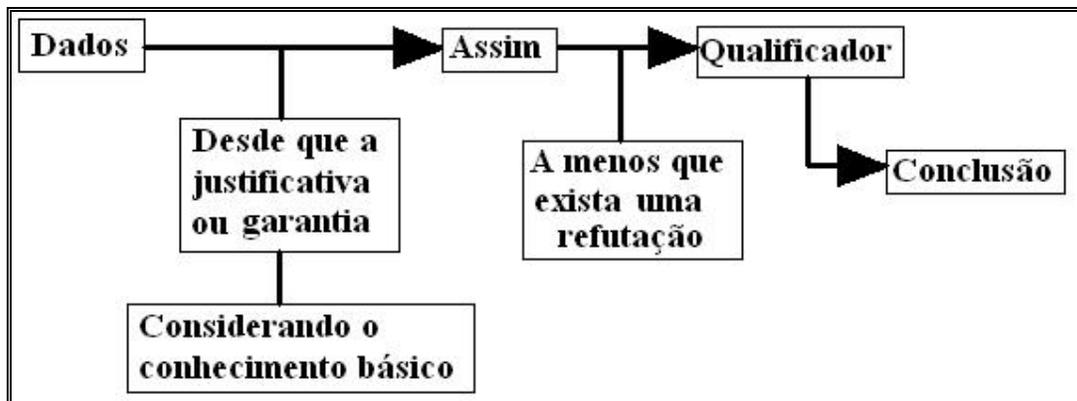


Figura 1: Padrão de Argumento completo proposto por Toulmin (2001)

Toulmin (2001, p.170) afirma que, algumas vezes, a validade de um argumento é consequência do fato das conclusões serem simples reordenações ou “transformações formais” de suas premissas, tornando-o formalmente válido.

O Raciocínio Hipotético-Dedutivo na Ciência

Apresentaremos, nessa seção, uma sistematização de alguns dos trabalhos desenvolvidos por Lawson (2002, 2004) sobre a estrutura do raciocínio hipotético-dedutivo.

No trabalho intitulado “What does Galileo’s Discovery of Jupiter’s Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery?” (2002), o autor modela o pensamento de Galileu Galilei como ciência hipotético-dedutiva revelando importantes elementos do teste padrão do pensamento que guiou a descoberta das luas de Júpiter. Outro exemplo utilizado é a pesquisa de Walter Alvarez (1970-1990) sobre a causa de extinção maciça dos dinossauros há 65 milhões de anos. Lawson (2004) apresenta, em oito episódios do raciocínio hipotético-dedutivo, as etapas que corroboram sua importância nas descobertas científicas e, portanto, na cultura científica.

Em ambas publicações, Lawson desenvolve e estrutura as descobertas segundo o padrão que tem seu início com o termo “Se...”, diretamente ligado às hipóteses (uma proposição); o termo “E...” diz respeito ao acréscimo de condições de base (um teste); o termo “Então...” é relativo aos resultados esperados (às conseqüências esperadas); o termo “E...” ou “Mas...” aos resultados e conseqüências reais e verdadeiras. O termo “E...” deve ser utilizado caso os resultados obtidos combinem com os esperados e o termo “Mas...”, caso haja um desequilíbrio nos resultados; desta forma, o ciclo reinicia-se com outras hipóteses e, finalmente, o termo “Portanto...” introduz a conclusão a que se chega.

Apresentamos abaixo um diagrama que busca sistematizar essa estrutura:

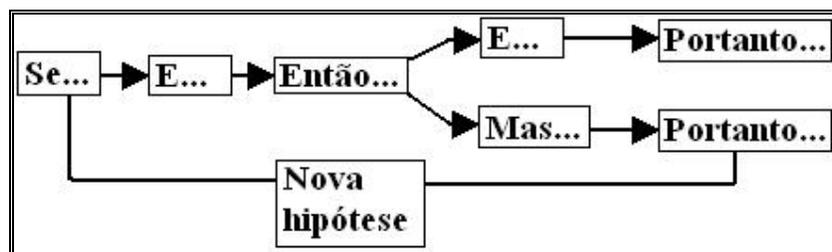


Figura 2: Padrão proposto por Lawson (2004).

Segundo essa estrutura, o autor afirma que esses padrões da razão científica têm sido usados para responder uma grande quantidade de questões científicas e que muitas das descobertas científicas são de natureza hipotético-dedutiva em sua essência.

Comparação entre os padrões de Toulmin e de Lawson

Buscaremos, por fim, estabelecer uma comparação entre o padrão proposto por Toulmin (2001) para a análise de argumentos completos e o padrão de representação do raciocínio hipotético-dedutivo proposto por Lawson (2002, 2004):

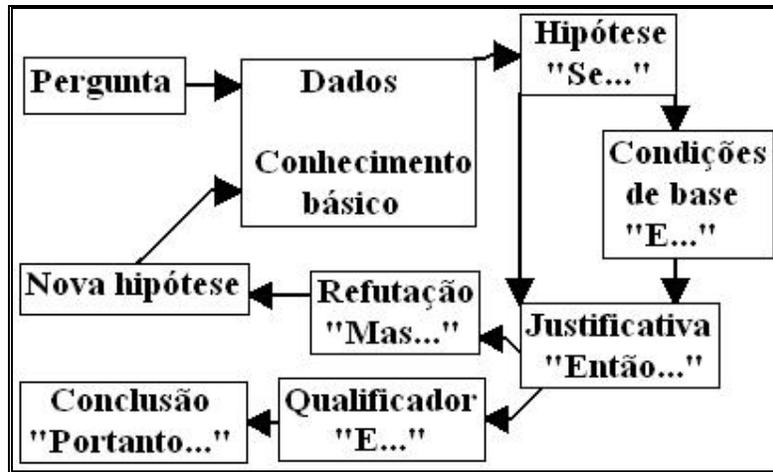


Figura 3. Comparação entre os padrões propostos por Lawson (2002, 2004) e Toulmin (2001)

Partindo de uma questão ou pergunta causal, os dados podem ser extraídos. É possível formular questões que podem requerer a obtenção de dados mais precisos.

Diante de uma “pergunta ou problema” a ser resolvido e dos “dados” extraídos, busca-se formular uma primeira hipótese “Se...” com base nos dados e no “conhecimento prévio disponível”. Esse conhecimento prévio, juntamente com algumas condições específicas, pode direcionar o acréscimo de “condições de base ‘E...’”, construindo, assim, a “justificativa” que fará a ligação entre a hipótese “Se...” e os resultados esperados “Então...”.

Caso os resultados corroborem a hipótese, o “qualificador, ‘E...’” atribui um grau de plausibilidade ao argumento, mas, caso a hipótese não seja sustentada, deverá ser “refutada, ‘Mas...’” e uma próxima hipótese ser formulada. Por fim, após uma hipótese ser testada e confirmada, o problema será resolvido e a “conclusão, ‘Portanto...’” será extraída.

A criança e as relações compensatórias

Estando estudando o início da construção do raciocínio proporcional, por crianças pertencentes ao nível que Piaget (1976) denomina de concreto (níveis IIA e IIB), uma vez que as crianças que participam das aulas nas quais foram gravadas as atividades, estão na faixa etária de 7 a 10 anos.

As relações de proporcionalidade envolvem multiplicações lógicas bastante complexas. Entretanto, Piaget (1973., p 165) explica o papel da compensação na construção da proporcionalidade, apresentando-a como o momento em que o sujeito compreende, diante de duas variáveis independentes, que “o crescimento de uma produz um resultado idêntico ao da diminuição da outra” (op. cit., p.165), construindo, assim, um esquema qualitativo da proporcionalidade.

Nessas compensações, as crianças tomam consciência das variações e comportamentos do experimento, seriando os extremos: mais alto, mais baixo, mais rápido, mais devagar, chegando a estabelecer correspondências termo a termo, procedendo através das relações de substituição, adição ou supressão (igualdade das diferenças). Portanto, seguem na direção da lei, mas através de simples correspondências qualitativas, sem o uso de proporções métricas (op. cit., p.131).

A compreensão qualitativa das compensações, verificadas e testadas a partir de uma hipótese, são muito importantes para que as crianças, nos próximos níveis, cheguem a construir com sucesso, sistemas mais complexos de compensações métricas e correspondências multiplicativas, estas sim, denominadas por Piaget (1976), como “proporcionalidade” ou “raciocínio proporcional”.

A Legalidade e a Causalidade na Construção das Relações Compensatórias.

Partindo do ponto de vista epistemológico, como mostra Piaget:

“[...] toda a explicação causal acaba por incorporar a noção de estrutura ao sentido lógico - matemático. [...] Em todos os campos da física atual se constituem o que são estruturas dedutivas que tendem a alcançar a necessidade sem limitar a simples constatação ou descrição de fenômenos”. Piaget (1977, p.15).

A explicação causal não exprime somente as ações do sujeito sobre os objetos, mas também as ações dos objetos uns sobre os outros. (p. 328-9), consistindo, assim, em generalizar as relações legais por composição operatória, atribuindo ao real o poder do pensamento e reunindo todos os estados e mudanças de estado possíveis segundo um princípio de composições simultâneas (p. 332-3).

Na causalidade, encontramos sempre dois aspectos: uma transformação – novidade – e uma relação necessária, que são as exigências das operações lógico-matemáticas, sem as quais não há possibilidade de falar em causalidade (Piaget, op. cit, p.16).

Essa inter-relação pode ser descrita em dois níveis: inicialmente, a legalidade, que representa o momento em que as crianças aplicam aos objetos as suas operações para compreenderem as relações elementares ou medidas; e a causalidade, quando o sujeito atribui suas estruturas operatórias aos objetos.

Entretanto, por mais complexa que seja a estrutura lógico-matemática aplicada à realidade física, a legalidade apenas descreve os fenômenos. Piaget (op. cit.) explica a causalidade como o momento em que o objeto é considerado como agente de algo, como ativo, como um operador. Isso implica, simultaneamente, a produção de uma inovação, porque o efeito é novo em relação à causa.

Buscando clarificar e diferenciar os tipos de explicações, mencionaremos, a seguir, a pesquisa realizada por Carvalho (2004) acerca do processo da ‘construção das explicações causais’ apresentado pelos alunos.

Construção das explicações em sala de aula	
Os alunos começam a tomar consciência das coordenações dos eventos, reconstruindo o conhecimento através das suas ações e do que eles conseguiram observar durante a experiência (gestos podem ser necessários, já que a linguagem científica está sendo construída).	São realizadas as ligações lógicas, as conexões entre as ações do sujeito e reações dos objetos estabelecidas.
	<p>Legalidade</p> <p>Relativas às relações repetíveis, obtidas por constatação dos fatos, permanecendo no domínio dos observáveis;</p> <p>As operações, ou estruturas de pensamento são aplicadas aos objetos.</p> <p>“... a gente foi colocando...; ... a gente colocava...”</p>
	Vai se iniciando a conceituação (início de novas concepções).
	<p>Causalidade</p> <p>Atribuição das estruturas operatórias do sujeito ao objeto em busca de mecanismo causais.</p> <p>“...o objeto subiu e então desceu, por causa da gravidade...; “ ...por ser pesado, o objeto subiu e então desceu...”.</p> <p>Repassam os observáveis e a criança busca uma nova palavra (uma novidade) para explicar as relações entre as grandezas.</p> <p>“... é a pressão... ; ... é a força...” ;</p>

Tabela 1. Síntese dos principais aspectos dos diferentes níveis de explicações.

Na tabela anterior, apontamos, de maneira sucinta, como ocorre o processo de evolução das explicações causais. Para nossa análise, verificaremos como a evolução das explicações se relaciona com o processo de construção da compensação e do raciocínio hipotético-dedutivo pelos alunos durante as aulas.

Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada em nossa investigação é do tipo qualitativa, pois estaremos analisando as relações estabelecidas e o raciocínio utilizado pelos alunos a partir das transcrições de suas falas.

Nesse contexto, a atenção à fala é importante, pois, segundo Yore et. al. (2003):

[...] a linguagem como uma janela, ou seja, como uma possibilidade de se compreender o pensamento da pessoa, tornando possível a consideração das associações culturais na construção de idéias científicas e que a atenção direcionada a esta poderia melhorar a compreensão do raciocínio científico utilizado pelo aluno (YORE et. al., op. cit., p 702).

Nosso grupo de pesquisa utiliza o registro em vídeo, uma vez que a gravação favorece a coleta dos dados, mostrando a sala de aula, o seu contexto e a dinâmica, além das relações

professor-aluno e aluno-aluno (CARVALHO 2005).

Estaremos focando as três primeiras etapas da aula, isto é, quando os alunos estão no pequeno grupo resolvendo o problema e quando já com toda a classe estão discutindo, sob a orientação do professor. Estes são os momentos em que os alunos, ao experimentarem, ao explicarem o “como?” e o “por quê?”, apresentam, por meio das linguagens gestual e oral, as estruturas do raciocínio utilizadas para chegar à resolução do problema proposto.

As aulas analisadas neste trabalho foram assistidas várias vezes e os dados, coletados por meio de transcrições dos episódios de ensino que mostravam quando os alunos argumentavam em conjunto. Transcrevemos tanto a linguagem oral como a configuração dos gestos utilizados pelos alunos.

Prestamos muita atenção no uso da linguagem gestual, uma vez que, nesse nível de ensino, os alunos têm certa dificuldade em se expressarem fazendo uso da linguagem científica, pois esta, inicialmente, é utilizada de forma confusa e inconclusiva (Roth & Lawless, 2002). Portanto, durante o discurso, caso os estudantes ilustrem suas falas com gestos pertinentes à compreensão de suas formas de raciocinar, eles foram transcritos na forma de desenhos ao lado do turno respectivo.

Quanto à linguagem oral, ao analisarmos as participações dos alunos, a paráfrase foi utilizada com a intenção de tornar mais evidente o padrão de raciocínio, pois mesmo que o aluno faça uso de tal padrão para estruturar seu pensamento, as palavras por ele utilizadas podem não ser idênticas às aquelas apresentadas por Lawson (2002, 2004), mesmo seu sentido sendo condizente com a proposta do autor. Utilizamos o símbolo “< >” quando inserirmos palavras nas falas dos alunos, por exemplo, <se>, <e> <então>, <mas> ou <portanto>, e se, e, então, mas, portanto quando quisermos utilizar sua própria linguagem para mostrar a nossa análise.

Apontamos a presença das relações compensatórias, que foram utilizadas pelos alunos durante as aulas de forma qualitativa, ou seja, mostrando, por meio do discurso ou da linguagem gestual, as variáveis envolvidas e o processo pelo qual as crianças estabeleceram tais relações. Para tornarmos alguns aspectos de nossa análise mais evidente, sempre que as palavras “maior”, “menor”, “quanto mais” ou “quanto menos” forem utilizadas, serão apresentadas em negrito e sublinhadas.

No presente trabalho, iremos mostrar as análises dos dados retirados de duas atividades: “o problema das sombras no espaço” e o “problema do submarino”.

Análise dos dados

O problema das sombras no espaço

A atividade “o problema das sombras no espaço” foi realizada em uma aula de ciências da 4ª série do ensino fundamental (alunos de 10 anos). Cada grupo de alunos recebeu um kit experimental semelhante à figura abaixo. O problema proposto aos alunos foi: “como fazer para colocar todas as peças dentro da sombra?”.

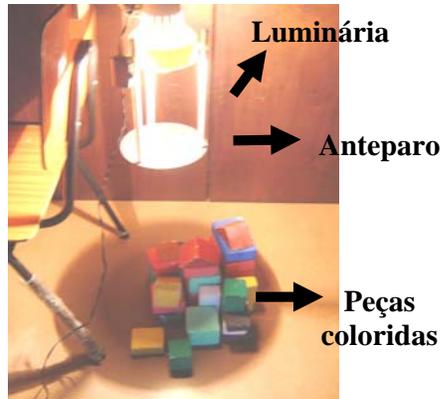


Figura 4. Montagem do kit – O problema da sombra no espaço

A professora apresentou os materiais à classe e os distribuiu aos grupos. Os alunos iniciaram a manipulação e observaram as cores e as dimensões das peças. O problema foi proposto na seqüência.

Durante a experimentação, percebemos por meio das ações realizadas que diversas hipóteses foram formuladas, seguindo a seguinte estrutura:

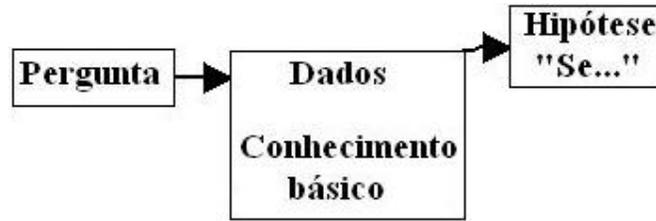


Figura 5. Início da estrutura - etapa experimental

No turno abaixo, o aluno7 verificou, através de movimentos com a mão, a região de sombra existente abaixo do anteparo.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
11:12	055	Aluno7: Até que tá bonitinho. Aqui tem claridade? Tem claridade? Deixa eu ver (1). Não tem não. (1) <i>Aluno colocou a mão no espaço abaixo do anteparo para observar a existência ou não de luminosidade.</i>	(1)
13:45	060	Aluno10: Do jeito que ta aqui, vai ficar pegando na luz (1), então eu tenho que fazer isto aqui... (2) e levantar mais. (2) <i>Aluno levanta o anteparo, aproximando-o da luminária, tornando assim, maior o raio de projeção da sombra.</i>	(1) (2)
13:51	061	<i>A professora chegou ao grupo e perguntou:</i> Prof: Por que você tem que levantar mais?	
14:53	062	Aluno10: Pra sombra poder ficar maior e caber todas essas peças. Porque se eu deixasse não ia caber todas essas peças na sombra.	

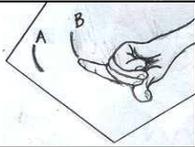
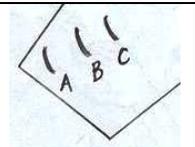
No evento acima, o aluno argumentou apresentando o início da relação compensatória, que ficou mais evidente no turno (062), em que a criança, após corroborar a hipótese, respondeu a pergunta da professora: “Por que você tem que levantar mais?”, “Pra sombra poder ficar maior e caber todas essas peças. Porque se eu deixasse não ia caber todas essas peças na sombra”.

No outro grupo, os integrantes na intenção de melhor compreenderem os dados observados, registraram os limites da projeção da sombra na cartolina. Essa ação comprova a afirmação de Capecchi et. al. (2000), de que os alunos fazem um amplo uso de dados empíricos.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
15:59	066	<p><i>O Aluno3, com o lápis, riscou a folha, contornando a projeção da sombra. Primeiramente com o anteparo mais alto e depois, mais baixo.</i></p> <p>Aluno3: Agora ela ficou mais maior ainda... tá vendo... tá vendo. Se a gente abaixar... ela vai ficar... olha vamos ver a medida, ó... ele está AQUI... (Marca “A” da figura) vamos abaixar aluno2 junto comigo... agora veja... aonde ela está? Aqui ó... (Marca “B” da figura). Entendeu? Ela já está aqui. Quanto mais você abaixa, quanto mais ela vai diminuindo, quanto mais você levanta, quanto mais ela vai ... ficando maior, ficando maior... entendeu?</p>	
16:57	067	<p>Aluno3: Se eu levantar até aqui, mais ou menos (1)... ela vai passar da folha, ela vai ficar no chão... entendeu? É isso.</p>	<p>(1)</p>
17:00	068	<p>Aluno2: Cada vez que você levanta, ela fica maior.</p>	

O aluno3, no turno 066, ao argumentar: “Quanto mais você abaixa, quanto mais ela vai diminuindo, quanto mais você levanta, quanto mais ela vai ... ficando maior, ficando maior... entendeu?”, evidenciou a utilização da relação compensatória existente entre as variáveis: altura do anteparo e raio de projeção da sombra.

Nos próximos turnos, ficará mais evidente a estrutura de raciocínio utilizada, uma vez que a argumentação dos alunos começa a ser apresentada de forma mais bem sistematizada:

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
17:38	073	Aluno3: É que esta marca aqui (“A”), quando ele tava lá em cima, ela ficou aqui. E quando a gente abaixou, ela ficou aqui (“B”)... entendeu? É esse o problema.	
18:18	074	Aluno4: Mas ela pode ficar de vários tamanhos.	
18:20	075	Aluno3: PODE ... se eu abaixar mais, ela vai diminuir mais, entendeu?	
18:27	076	Aluno3: Aí ó, cadê ela? Cadê ela... aqui olha onde ela já tá, ó... aqui, ó... aqui, ó... daqui (“A”), eu abaixei ela, e ela veio pra cá (“B”)... eu abaixei mais um pouco, ela veio pra cá (“C”)... quanto mais eu vou abaixando ela vai diminuindo... agora se eu levantar... <inaudível> da luz, isso aqui, ó... entendeu?	
18:44	077	Aluno4: Sobe, aumenta, fica maior.	
18:46	078	Aluno3: Isso, quando sobe pra cima, ela fica maior... quando abaixa ela fica menor... entendeu? É esse o cálculo.	
19:06	079	Aluno4: Então, vamos deixar grande para poder caber mais.	

O aluno3 retomou seu raciocínio e tornou a apresentar a relação compensatória entre as variáveis utilizando ciclos “Se..., Então...”. Parafraseando o turno (075): “... se eu abaixar mais, <então> ela vai diminuir mais, entendeu?”, ou ainda, no turno (078): “Isso, <se> sobe pra cima, <então> ela fica maior... <se> abaixa <então> ela fica menor... entendeu? É esse o cálculo”.

No trecho abaixo, o Aluno5 encontrou dificuldades em verificar as compensações corretas. No entanto, a professora não forneceu a resposta correta, postura foi essencial para que os alunos argumentassem de forma a refutar o argumento do colega.

Podemos verificar a importância da discussão e da troca de idéias entre os integrantes do grupo para a construção do conhecimento científico:

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
28:29	117	Aluno3: Vamos levantar aqui.	
28:33	118	Aluno5: Eu acho que quando vai aumentando <a altura do anteparo> vai ficando mais claro.	
28:37	119	Aluno3: Não é ó. Quando ela vai aumentando, vai ficando maior <mostrando a sombra>.	

O Aluno5, no turno (118), apresentou a seguinte hipótese: “Eu acho que <se> vai aumentando <então> vai ficando mais claro”, refutada pelo o Aluno3, que busca persuadi-lo por meio de uma nova hipótese, formulada com base nos dados empíricos observados: “<mas> não é ó. <Se> ela vai aumentando, <então> vai ficando maior <a sombra>”.

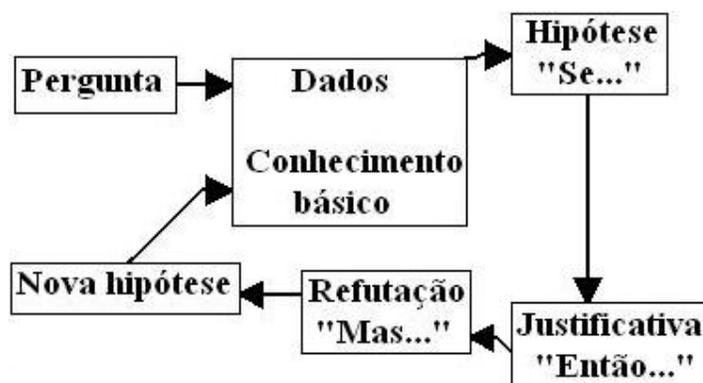


Figura 6. Verificação da relação entre as variáveis.

Em seguida, a professora formulou perguntas com “Como”?

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
36:05	157	Aluno7: É professora, quando levantava mais a luz, a bola ficava maior. Aí dava pra montar tudo. Aí se colocasse/	
36:12	158	Prof: Não entendi, como que vocês fizeram?	
36:14	159	Aluno7: Levantava mais a luz.	
36:16	160	Prof: Fala mais alto.	
36:23	161	Aluno7: Levantava mais a luz. Pra bola ficar maior. Aí colocava tudo montado. Quando se abaixasse, a bola ficava menor e dava pra passar (...) as peças.	

Nas falas dos turnos acima, o Aluno7 apresentou a compensação explicando que se aumentássemos a altura do anteparo, o raio de projeção da sombra também aumentaria e, se diminuíssemos a altura, o raio de projeção também diminuiria. Parafraseando o turno (161), podemos observar que a criança apresentou a hipótese “Se”, em seguida mostrou a justificativa do resultado esperado: “Então” e, por fim, apresentou a evidência que o levou a chegar a esta justificativa: “E”: “<se> levantava mais a luz, <então> bola fica maior, <e> aí colocava tudo montado. Quando se abaixasse, <então> a bola ficava menor e dava pra passar <iluminar> (...) as peças”.

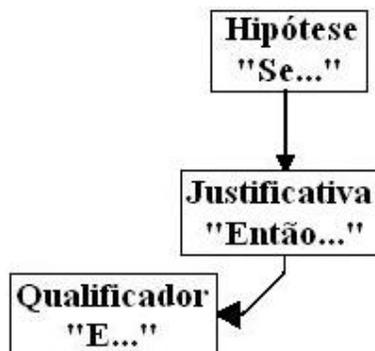


Figura 7. Estrutura da argumentação

É importante ressaltar que nessa atividade, foi oferecido bastante tempo para a etapa experimental. Dessa forma, foram criadas condições bastante favoráveis para o desenvolvimento da argumentação dos alunos.

O problema do submarino.

A atividade “O problema do submarino” foi realizada em uma aula de ciências da 3ª série do ensino fundamental (alunos de 9 anos). O problema proposto aos alunos foi: “como fazer para o submarino afundar e flutuar na água?”.

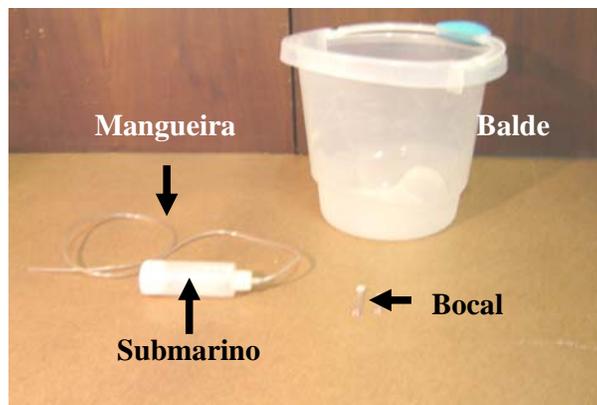


Figura 5. Montagem do kit – O problema do submarino.

No início da aula, os materiais são apresentados, distribuído um Kit para cada grupo de 4 a 5 alunos e então a professora propõe o problema. Os alunos manipularam o experimento e discutiram sobre o problema buscando a sua solução.

O Aluno3 formulou a hipótese de que, para afundar o submarino, deveria “sugar” o ar do seu interior. Após realizar o teste, a professora enfatizou o resultado que concordou com a hipótese formulada.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
08:19	063	<i>A professora coloca o submarino sobre a água de tal forma que o mesmo fique flutuando:</i> Profª: Agora solta. Ele está em equilíbrio, tá vendo. Ele não está nem muito para cima nem muito para baixo.	
08:45	064	Profª: Agora está, está certo. Agora eu quero que você afunde ele.	
08:56	065	Aluno3: Tem que sugar o ar, tenta!	
09:07	066	Aluno2: Deixa eu tentar. <i>O Aluno2 pega o canudo, e imediatamente inicia a sucção. Aluno1 mostra grande expectativa quanto aos resultados.</i>	
09:11	067	Profª: Aí olha, abaixou de vez. Olha, tá vendo?	

Após essa validação, o Aluno3 explicou os resultados observados, fazendo uso do termo “Então...”:

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
09:15	072	Aluno3: Então pra subir tem que assoprar e pra descer tem que sugar o ar.	

Mesmo após o Aluno3 apresentar as relações corretas sobre suas ações, a professora levou-os a continuar experimentando para que os demais alunos também pudessem observar e construir suas próprias explicações.

No turno abaixo, o Aluno3 retomou seu raciocínio, introduzindo o termo “pesado”, no entanto atribuiu ao ar a causa do maior peso.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
11:49	098	Aluno3: Eu acho que quando você suga o ar ele consegue subir. Por causa que quando a gente assopra, o ar fica muito pesado e ele não consegue ficar embaixo.	

Nos turnos abaixo, podemos observar a importância da argumentação e discussão entre os alunos, pois ambos estavam simultaneamente trabalhando na construção das explicações.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
27:06	197	Aluno3: Quando você soprou, ele subiu ou desceu?	
27:13	198	Aluno1: Ele subiu.	
27:15	199	Aluno3: Mas por que ele subiu?	
27:20	200	Aluno1: Porque eu soprei assim fu...fu, aí ele foi subindo e quando eu puxei o ar, aí ele desceu, foi descendo.	

A seguir, o Aluno3 formula uma descrição, no domínio da legalidade e estabelece as relações entre o ar e a água, apresentando-a por meio de dois ciclos “Se... Então...”.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
30:37	222	Aluno3: Calma espera!... Eu vi que tipo quando a gente sopra o ar sai bastante, quando a gente sopra sai toda a água e quando a gente suga o ar, começa a entrar água e o ar vai saindo pelo tubinho.	

Parafrazeando o turno acima, obtemos: “... <Se> a gente sopra <então> sai toda a água e <se> a gente suga o ar, <então> começa a entrar água e o ar vai saindo pelo tubinho”. Podemos aqui atribuir um sentido causal à fala do aluno, embora esteja apenas implícita em sua fala “*Calma, espera!...*”, ele desloca o agente causal, até então atribuído ao ar no turno (098) para a água. Entretanto, o raciocínio fica incompleto e apenas implícito.

A professora começou a formular perguntas que continham o “Como?”:

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
39:34	271	Profª: Agora eu quero saber como vocês fizeram pra resolver o problema?	

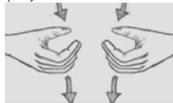
O Aluno6 explicou fazendo uso dos ciclos “Se... Então” e “Se...E...Então” para referir-se às duas situações observadas, ou seja, quando o submarino afundou e quando ficou em equilíbrio, podemos também verificar a construção da compensação, no instante em que o aluno distinguiu que quanto maior o volume de água no interior do submarino, mais ele afunda.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
42:44	272	Aluno6: Quando a gente suga pra fora, né. Não,	

		primeiro quando a gente suga pra dentro, a água, a água, se a água cobrir todo o tubinho, o tubinho, ele afunda, agora se... se cobrir até a metade e tiver um pouquinho de ar ele equilibra assim.	
--	--	---	--

Parafrazeando, obtemos: “... quando a gente suga pra dentro, a água, a água, se a água cobrir todo o tubinho, o tubinho, <então> ele afunda, agora se... se cobrir até a metade e tiver um pouquinho de ar <então> ele equilibra assim”.

Após as relações compensatórias serem estabelecidas, no turno (287), o Aluno6 retoma o seu raciocínio. Entretanto, ele aqui acrescenta uma novidade: a influência do peso da água como causa do submarino afundar ou flutuar. A explicação pode ser caracterizada como sendo do tipo causal, apresentando as relações encontradas por meio de ciclos “Se..., Então...” e, por fim, a conclusão “Portanto...”, completando, assim, a estrutura do raciocínio.

Tempo	Turno	Discurso / Ações	Gestos / Fig.
45:07	287	Aluno 6: Tem a água também. Se... é... quando a gente coloca muuuuita (1) água, fica mais pesado (2), quando... tem ar, ele fica mais leve e quando ta um pouquinho de água e um pouquinho de ar ele equilibra.	<i>Aluno6 gesticula:</i> (1)  (2) 

Parafrazeando, encontramos ciclos “Se..., Portanto...”, “Se..., Portanto” e “Se...,E..., Então...”: “Se... é... quando a gente coloca muita água, <portanto> fica mais pesado, quando... <se> tem ar, <portanto> ele fica mais leve e <se> quando ta um pouquinho de água e um pouquinho de ar <então> ele equilibra”.

Apesar da compensação não ficar explicitada de maneira clara, pois as quantidades de ar e água são difíceis de serem observadas, podemos verificar que o aluno relaciona a quantidade de água no interior do submarino e o peso do mesmo: “muuuuita água, fica mais pesado” e “pouquinho de água e um pouquinho de ar ele equilibra”.

Analisando a evolução da estrutura de raciocínio presente na argumentação do aluno 6, expressa nos turnos (272) e (287), verificamos que esta apresenta a estrutura:

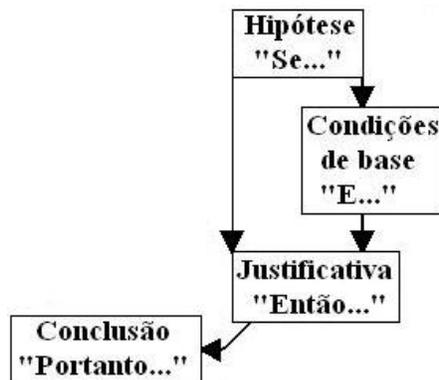


Figura 8. Estrutura da argumentação para a explicação do tipo causal.

É importante ressaltarmos que, nessa aula, a professora não formulou perguntas que contivessem o “por quê?”; no entanto, pudemos mostrar que as explicações causais ficaram bem caracterizadas nas falas de alguns alunos e, somente no instante em que eles atribuíram ao peso a causa do efeito, o termo “Portanto...” foi revelado na estrutura do raciocínio utilizado.

Conclusões

Nos episódios que destacamos para análise, observamos uma intensa participação dos estudantes nas tarefas e a construção paulatina de argumentos sistematizados e completos. Atribuímos esse resultado a algumas condições observadas no ambiente de aprendizagem, fortemente interativo, em que a professora estimula a participação dos estudantes e proporciona tempo aos alunos para refletirem e um questionamento que os levem a tomar consciência de como fizeram e por que o problema foi corretamente solucionado.

O estudo da argumentação dos alunos, revelado através da linguagem oral e gestual destes, mostrou que os alunos ao resolverem o problema em pequenos grupos, quando tem a oportunidade de levantarem e testarem suas próprias hipóteses, e depois no grupo grande de explicarem como resolveram o problema e porque estes deram certos, vão pouco a pouco estabelecendo relações entre as variáveis do fenômeno estudado.

Na procura de relacionar estas variáveis vão utilizando, mesmo que de modo incipiente, dois importantes raciocínios presentes na cultura científica: o estabelecimento das relações compensatórias e o raciocínio hipotético-dedutivo. Estes raciocínios não aparecem de maneira estruturada nas argumentações dos alunos, mas, ao contrário, vão se estruturando pouco a pouco, na medida em que eles vão descrevendo melhor sua solução para o problema proposto.

O raciocínio compensatório aparece, em um primeiro momento, quando os alunos diante da necessidade de expor “como resolveram o problema” tomam consciência de seus dados empíricos, relacionam as variáveis e a seqüência das ações por meio das quais os resultados foram obtidos durante a experimentação em pequenos grupos. Ao explicar essa seqüência de ações vão utilizando o raciocínio compensatório, ainda no domínio da legalidade. Nessa fase da atividade de conhecimento físico, notamos o desenvolvimento de relações “se... então”.

Para, além disso, o raciocínio hipotético dedutivo aparece também nas primeiras explicações causais desenvolvidas pelos alunos, motivadas pela necessidade de “explicar por que fizeram desse modo”. Aqui, as relações “se... então” que identificamos na fase precedente, vão se completar quando os alunos procuram uma causa para explicar a resolução do problema. Quando os alunos explicam a relação causal, o raciocínio “se... então... portanto” se completa.

Referências

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. . Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 3, 2000.

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, 2004.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANUCCHI, A. I. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo:

Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. Building up explanations in physics teaching. *International Research in Science Education*, v.26, n.2, p. 225-237, 2004.

CARVALHO, A M P, Enseñar física y fomentar una enculturación científica. *Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.51, p. 66-75, 2007.

CARVALHO, A M P, Metodología de Investigación en enseñanza de física: Una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Enseñanza de la Física* v.18, n.1, p. 29-37, 2005.

DRIVER, R; ASOKO, H; LEACH, J; MORTIMER, E; SCOTT, P. Construindo Conhecimento Científico. *Química nova na escola*, n. 9, p. 31-40, 1999.

HARLEN, W. *Teaching, Learning and Assessing Science 5-12*, Paul Chapman Publishing Ltd, London, 2000.

HARLEN, W. *Primary Science, Taking the Plunge*, second edition, Heinemann, Portsmouth, NH, 2001.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P., A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. In: *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, 2006.

LAWSON A. E. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery? *Science & Education*, 11, p. 1-24, 2002;

LAWSON A. E. T. rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. *Science & Education*, 13, p. 155-177, 2004.

LEMKE, J. *Aprendendo a hablar ciencias: linguagem, aprendizagem y valores*. Paidós, Barcelona. 1997

MONTEIRO, M. A. A e TEIXEIRA, O. P. B. Uma análise das interações em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, Porto Alegre, 2004.

PIAGET, J. *Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis: Vozes, 1973.

PIAGET, J.e INHELDER, B. Y. *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. Tradução de Dante Moreira Leite. São Paulo: Pioneira, 1976.

PIAGET, J. *La explicación en las Ciencias*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 1977.

RIVARD L.P. and STRAW S.B. The Effect of Talk and Writing on Learning Science: An Exploratory Study. *Science Education*, 84, pp. 566-593. 2000.

ROTH, W. M e LAWLESS, D. Science, Culture, and Emergence of Language. *Science & Education*, v. 86, n. 3, p. 368 – 385, 2002.

SUTTON, C. New Perspectives on Language in Science, in Fraser, B.F. and Tobin K.G. *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.27-38. 1998.

TOULMIN S. E. *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YORE, L. D., BIZANZ, G. L.e HAND, B. M. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 6, p. 689-725, 2003.