

A ELABORAÇÃO DE NARRATIVAS EM AULAS DE FÍSICA: a aprendizagem em Ciências como manifestação cultural

Ivã Gurgel

Professor doutor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

Doutor em Educação pela Faculdade de Educação, mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências e licenciado em Física pela mesma instituição.

Graciella Watanabe

Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo e licenciada em Física pela mesma instituição.

Coordenação

Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira

Professor titular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP)

1ª edição



São Paulo – 2012

A elaboração de narrativas em aulas de Física: a aprendizagem
em Ciências como manifestação cultural

Copyright © Ivã Gurgel, Graciella Watanabe, 2012

Todos os direitos reservados à

EDITORA FTD S.A.

Matriz: Rua Rui Barbosa, 156 - Bela Vista - São Paulo - SP

CEP 01326-010 - Telefone (0-XX-11) 3598-6000

Caixa Postal 65149 - CEP da Caixa Postal 01390-970

Internet: www.ftd.com.br

E-mail: ensino.medio@ftd.com.br

Diretora editorial

Silmara Sapiense Vespasiano

Editores

Juliane Matsubara Barroso

Leonardo Gonçalves Lago

Assistentes de produção

Ana Paula Iazzetto

Líliá Pires

Assistente editorial

Claudia Denise da Silva

Produção editorial

LEDE textos educacionais

Coordenador de produção editorial

Caio Leandro Rios

Edição de arte, projeto gráfico e capa

Fabiano Mariano

Ilustrações de capa

Roberto Weigand

Iconografia

Pesquisa

Eliana Almeida

Assistência

Cristina Mota

Diagramação

Setup Bureau Editoração Eletrônica Ltda.

Tratamento de imagens

Ana Isabela Pithan Maraschin

Gerente executivo do parque gráfico

Reginaldo Soares Damasceno

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Gurgel, Ivã

A elaboração de narrativas em aulas de Física :
a aprendizagem em Ciências como manifestação cultural /
Ivã Gurgel, Graciella Watanabe ; coordenação Maurício
Pietrocola Pinto de Oliveira. -- 1. ed. -- São Paulo : FTD,
2012. --

(Série Professor Inovador)

Bibliografia

ISBN 978-85-322-8120-3

1. Ciências – Estudo e ensino 2. Física – Estudo e ensino
3. Prática de ensino 4. Professores de Física – Formação
profissional 5. Sala de aula – Direção I. Watanabe, Graciella.
II. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. III. Título. IV.
Série.

12-03533

CDD-530.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Física : Estudo e ensino 530.7

Apresentação



Roberto Weigand

O mundo mudou e demanda da escola a implementação de um novo projeto educacional. Esta série de livros foi elaborada especialmente para dar apoio a professores inovadores, como você.

E o que é inovar? Quais ações são esperadas no ato de inovar?

Inovar é alterar, modificar, fazer diferente. Qualquer uma dessas ações, quando consideradas do ponto de vista do trabalho do professor, indica modificações no currículo e/ou alterações no programa do curso. Em disciplinas como as ligadas às Ciências Naturais, novos conteúdos destacam-se com facilidade, mas uma inovação não é apenas a mudança de currículo. Ela se realiza na prática de sala de aula, é o fazer diferente a partir do que já seria o habitual.

Entretanto, inovar não é tarefa fácil! Uma inovação em sala de aula envolve ultrapassar uma série de dificuldades em um ambiente complexo.

Os riscos e as dificuldades presentes em uma inovação educacional ficam mais claros quando comparamos o ensino inovador com o tradicional. O ensino tradicional tem a seu lado o tempo, pois é fruto de um longo processo de adequação de conteúdos e metodologias de ensino ao ambiente escolar. O ensino inovador traz consigo os riscos e as dificuldades do novo. Muitas vezes este acaba sendo considerado como perturbação de uma ordem estabelecida em um contexto de estabilidade escolar.

A série **Professor Inovador** tem como objetivo apresentar orientações, atividades e conteúdos que garantam formas de gerenciamento do risco em um ensino inovador. Em alguns livros, o foco da inovação será o conteúdo científico. Em outros, serão os recursos disponíveis, como o uso de Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, ou os objetivos formativos que se deslocam do *aprender Ciências* para o *aprender sobre os usos da Ciência*, ou ainda quando se transformam a literatura e o cinema em objetos de ensino-aprendizagem nas aulas de Ciências. Em todos esses casos, há uma necessidade de apoiar o professor que investe no desafio de transformar seu ensino.

A série **Professor Inovador** visa uma educação científica compatível com os desafios do século XXI, colocando-se ela mesma como um convite ao desafio de transformação das salas de aula de Ciências.

Maurício Pietrocola

Sumário

1. Narrativas da cultura e Ensino de Ciências	5
1.1 Apatia, desânimo e indisciplina como sintomas das diferenças culturais	5
1.2 O problema da reprodução das diferenças na escola.....	8
1.3 Identidade e Cultura no Ensino de Ciências	13
1.4 Ciência e Cultura	18
1.5 Narrativas no Ensino de Ciências.....	21
1.6 As narrativas como forma de pensamento	23
1.7 As narrativas como expressão cultural e fundamento da aprendizagem.....	27
2. Possíveis obstáculos à implementação da proposta.....	29
3. Sugestões de atividades	35
3.1 Escrevendo cartas para Kepler e Galileu	36
3.2 O Universo em <i>Os Lusíadas</i>	41
3.3 No ritmo da Física Quântica.....	47
3.4 Imagens do tempo	51
3.5 Os espelhos de Guimarães Rosa e Machado de Assis	58
3.6 A greve dos elétrons.....	65
4. Considerações finais.....	73
Referências bibliográficas.....	76



Roberto Weigand

Narrativas da cultura e Ensino de Ciências

1.1 Apatia, desânimo e indisciplina como sintomas das diferenças culturais

As práticas de ensino e a organização da escola vêm sendo muito questionadas nos tempos atuais. Mesmo quem não se dedica diretamente à educação formal, como os pais e outros familiares de alunos, consegue notar que há algum problema a ser enfrentado e que a forma como o ensino vem sendo organizado nas últimas décadas exige mudanças.

Quem se dedica diretamente ao ensino, isto é, professores, coordenadores pedagógicos e outros agentes que participam da educação, também percebe que o trabalho escolar não funciona como esperado. As pretensões que eles tinham quando decidiram se dedicar à prática de educador parecem difíceis de ser alcançadas. O professor que está em sala de aula se sente desarmado, pois o que ele acreditava ser um bom modelo de aula não se aplica a essa realidade.

O cenário mais comum que encontramos no ambiente escolar é a apatia e o desinteresse dos alunos, que parecem não entender o que estão fazendo na escola. Por mais que o professor se esforce em apresentar os conteúdos de forma simples, que busque fazer atividades com participação ativa dos alunos, ou mesmo que trate de conceitos relacionados com o cotidiano dos estudantes, aparentemente isso não é suficiente para a melhoria educacional. Apesar de todo o trabalho, muitos alunos ainda se mantêm distantes. Quando as melhores aulas são ministradas, às vezes, é produzida uma faísca de interesse, mas raramente ela se mantém como um vínculo permanente.

Para o professor, a cada aula é necessário reconquistar o interesse do aluno, pois o diálogo estabelecido na semana anterior já se perdeu. Há uma sensação de sempre “recomeçar do zero”, fazendo com que o trabalho escolar seja muito cansativo mesmo para os profissionais mais dedicados. Assim, o desânimo acaba por atingir também o professor, que cansa de insistir e de justificar diariamente a importância do conhecimento estudado e de seu valor para a vida dos estudantes.

Em alguns casos encontramos um cenário aparentemente mais favorável. Há professores que desenvolvem uma relação muito boa com os alunos. Em geral, são professores jovens, cujo “estilo” chama a atenção dos estudantes e que conseguem manter um clima descontraído na sala, tornando o ambiente mais agradável para todos.

Contudo, podemos questionar se o clima positivo em sala de aula sempre pode ser associado à melhoria educacional. Em uma primeira aproximação, é evidente que essas seriam as melhores condições educacionais, pois professores e alunos mantêm relações positivas uns com os outros. No entanto, em uma análise mais detalhada, podemos questionar se esses alunos estão de fato aprendendo mais. Em alguns casos, a aprendizagem realmente acontece, mas em outros vemos que se mantém nula. Os resultados acabam sendo tão insatisfatórios como nos ambientes menos favoráveis.

Nos casos em que a aprendizagem não melhora, mesmo quando o ambiente parece “estar em ordem”, a relação entre professores e alunos muitas vezes não é mediada pelo conhecimento. Ou seja, é possível encontrar alunos que adoram o professor, desde que ele não esteja dando aula!

Essa é a situação em que o aluno tem grande simpatia pela “pessoa por trás do professor”, aprecia seu humor, sua dinâmica etc. No entanto, continua completamente desinteressado pelo que o professor está tentando ensinar. Nos “quinze minutos” em que o professor resolve tratar do conteúdo a ser ensinado, ou das habilidades a serem desenvolvidas, voltamos à situação comum de total desinteresse e apatia dos jovens. Assim, o desafio lançado é o de criar estratégias por meio das quais os alunos se interessem pelo conhecimento ensinado, se engajem nas situações de aprendizagem, e não apenas tenham uma boa relação com o professor.

Talvez o problema apresentado aqui seja novidade para poucos. Muitos docentes fazem diagnósticos como esses todos os dias. Contudo, é raro encontrar pessoas, especialistas em educação ou não, que desenvolvam reflexões que busquem entender as razões desse fenômeno. Por estarmos imersos nessa complicada situação na qual a educação, de modo geral, se encontra, raramente conseguimos o distanciamento necessário para uma análise crítica do que vivemos.

O educador Júlio Groppa Aquino (1998) destaca que algumas explicações, comuns nas falas diárias, são insuficientes para entender os problemas atuais da escola, e aponta como uma delas a tentativa de rotular o aluno de “naturalmente” indisciplinado e desinteressado. O autor mostra ainda que os mesmos alunos que, em determinados contextos, dentro ou fora da escola, apresentam comportamentos tidos como inadequados têm outra atitude quando a relação que se estabelece com eles é modificada. Isso significa afirmar que a maneira como alguém age não é uma característica inata e imutável; pelo contrário, ela depende de como um conjunto maior de relações se estabelece. São as diferentes formas sociais de relacionamento que levam uma pessoa a ter um tipo de comportamento em detrimento de outro.

Outro ponto apresentado por Aquino (1998) como resposta insuficiente para explicar os atuais problemas escolares são considerações que fazem referência ao passado, como a de que antigamente os alunos chegavam à escola mais bem educados, eram mais respeitosos. Afirmações como essa escondem quanto a escola de décadas passadas era elitista e permitia que apenas uma pequena parcela da sociedade, predisposta ao autoritarismo e à rigidez de uma educação conservadora, tivesse acesso

ao ensino. Dessa forma, se consideramos o acesso de todos à escola uma conquista importante de nosso tempo, torna-se necessário um esforço em promover uma educação inclusiva, que permita o desenvolvimento real de sujeitos oriundos de diferentes culturas e classes sociais.

1.2 O problema da reprodução das diferenças na escola

Para pensarmos sobre os problemas da escola de hoje, é necessário lembrar que o Brasil, como muitos outros países, apresenta grande diversidade. Por um lado, temos a triste desigualdade social, que pode ser facilmente vista em qualquer grande cidade. Em regiões muito próximas entre si, é possível identificar pessoas que têm acesso a bens materiais e culturais de alto valor e, ao mesmo tempo, sujeitos que mal conseguem garantir sua subsistência. Por outro lado, temos uma rica diversidade cultural. Cada região brasileira é fruto de uma longa história de migrações e imigrações que faz com que pessoas de origens diversificadas estejam, hoje, juntas no mesmo espaço geográfico.

Embora essa pluralidade seja bastante reconhecida, dificilmente lembramos dela quando estamos na escola. Mesmo que não seja consciente, acabamos por considerar todos os nossos alunos “muito parecidos”, afinal “aluno é aluno!”. Esse descuido aparentemente simples pode ter consequências graves. Em uma aula de Ciências, por exemplo, os estudantes não são apenas “cérebros” ou “máquinas de pensar” atuando em atividades científicas. Eles são seres sociais com uma série de costumes, hábitos e formas de se expressar próprios de sua cultura. Esses elementos influenciam a maneira como os estudantes se colocam em sala de aula e se relacionam com o professor e com o conhecimento.

O problema aqui apresentado começou a ganhar contornos claros na década de 1960. Antes desse período, muitos países passaram por amplas reformas educacionais, nas quais parcelas da população que nunca haviam tido acesso à educação começaram, efetivamente, a tê-lo. Foi um momento de reconstrução de diversos países após a Segunda Guerra Mundial, e a sociedade esperava anos de desenvolvi-

mento e prosperidade. Portanto, foi uma época de grande otimismo, inclusive quanto às questões sociais que envolvem pessoas de diferentes culturas e classes sociais¹.

Entretanto, ao menos do ponto de vista educacional, o avanço alcançado não foi como se esperava. Do ponto de vista macroeconômico, o problema deveria estar resolvido com o investimento adequado de recursos e a ampliação de oportunidades. E assim países como a França aumentaram a oferta de vagas nas escolas e melhoraram as condições e o acesso ao ensino das camadas sociais menos favorecidas. Contudo, verificou-se que o acesso à educação não melhorava, necessariamente, as condições sociais dos indivíduos. Esperava-se que a escola pública, nesse contexto, pudesse garantir a igualdade social entre os cidadãos e que a ascensão social se desse pelo esforço dos alunos (NOGUEIRA e NOGUEIRA, 2004).

Logo, a expansão do ensino, de modo geral, não melhorou as condições de classes menos favorecidas, o que levou a uma análise de por que isso ocorria, uma vez que a escola é pensada como o principal motor de mudanças sociais. Por isso, desde os anos 1960 estudos nessa direção começaram a ser feitos mostrando que a escola nem sempre exerce a função imaginada por todos. Desde então, tem-se questionado fortemente *a neutralidade da escola e seu papel na reprodução das desigualdades*.

Uma obra importante, mesmo que não seja específica à educação, foi publicada por Louis Althusser. Em seu livro *Ideologia e aparelhos ideológicos do Estado*, de 1970, ele propõe que a escola, por meio do processo educativo, é uma das instituições responsáveis por manter a ideologia das classes dominantes. Isso ocorreria por um processo intencional, com o objetivo de justificar a prevalência dessas classes. Assim, a escola não teria a função de provocar mudanças sociais, mas sim manter as desigualdades. Embora a análise de Althusser tenha sido posteriormente criticada, sobretudo por apresentar a escola somente como uma peça de um processo de manipulação do Estado, ela reforçou o movimento que passou a ser

¹ Vale destacar que nesse período há um grande fluxo migratório de habitantes de países árabes e africanos para a Europa. Para detalhes sobre a história do século XX com ênfase nas questões sociais, ver Hobsbawm 2003[1994]. Para um enfoque cultural, ver Sevcenko 2003[2001].

LEIA MAIS!

O currículo desenvolvido pelas instituições de ensino passou a ser objeto de estudo no início do século XX. Os primeiros trabalhos dessa linha, denominados “teorias tradicionais de currículo”, tinham como foco otimizar o ensino-aprendizagem de determinado conteúdo, estabelecendo objetivos educacionais com clareza e formas de avaliação do desempenho dos estudantes. Uma nova forma de pensar se estabeleceu com as teorias críticas. Nesse caso, em vez de pensar em “como se faz um currículo”, passou-se a analisar “o que um currículo faz com as pessoas”.

caracterizado pelas **teorias críticas de currículo** (SILVA, 1999).

Autores dessa linha passaram a mostrar a dimensão política da educação e ressaltaram que nem sempre a escola leva à emancipação dos sujeitos, como consideram as teorias tradicionais.

Uma análise um pouco mais sutil que a de Althusser, mas que ainda denunciava a escola como meio de manutenção das desigualdades, foi realizada por Samuel Bowles e Hebert Gintis (1981). Esses autores apontam para as correspondências entre os *sistemas de produção* e as *hierarquias escolares*.

De maneira geral, eles mostram que a importância de os alunos de classes mais baixas irem à escola não decorre de eles aprenderem os conteúdos escolares, mas, pelo contrário, de se acostumarem com as relações sociais necessárias à classe trabalhadora. Como aponta Tomaz Tadeu da Silva (1999), um bom trabalhador deve ser obediente a ordens, pontual, assíduo, confiável, cuidadoso com os procedimentos técnicos, entre outros. É fácil perceber que essas são, historicamente, as mesmas características valorizadas na escola e que definem um bom aluno. Assim, os sistemas de ensino mantêm as condições sociais já existentes, pois, em geral, pessoas oriundas de classes baixas só aprendem procedimentos necessários para trabalhos não qualificados.

Pierre Bourdieu, sociólogo francês, ganhou destaque nas análises sobre os sistemas de ensino e as estruturas das relações entre classes. Ele publicou importantes trabalhos em Sociologia da Educação durante toda a vida. Contudo, a obra que o tornou mais conhecido foi *A reprodução*, escrita em parceria com Jean Claude Passeron, em 1970. Diferentemente dos autores que citamos antes, Bourdieu e Passeron mostram que as escolas mantêm e reproduzem as desigualdades sociais por não levá-las em conta no ato de ensinar.

A obra de Bourdieu nos permite ressignificar problemas encontrados na escola. O primeiro ponto que merece destaque é a constatação de que a escola atua como mecanismo de reprodução das desigualdades sociais. Essa é uma conclusão bastante assustadora por termos nos habituado a pensar a escola como meio de melhoria social. Como os sistemas de ensino, em geral, não cumprem seu papel, torna-se necessário pensar em uma educação que realmente inclua e promova o indivíduo. Todos os envolvidos em educação devem refletir sobre o significado social de seu trabalho. Não raro, podemos descobrir que, inconscientemente, reforçamos os processos de criação de desigualdades sociais. Isso nos obriga a pensar em mudanças em nosso trabalho desenvolvido nas escolas.

Um segundo ponto a destacar é a natureza do fracasso escolar. Sem perceber nos acostumamos a seguir um pensamento que tem origem no Iluminismo do século XVIII e que está associado às bases do liberalismo. Acreditamos que todos terão a mesma chance de sucesso caso tenham as mesmas oportunidades. As análises sociais deixam claro que isso é um enorme equívoco. O sucesso ou o fracasso de um indivíduo na escola está estritamente ligado às suas origens sociais e culturais. A “oportunidade”, por exemplo, de estudar em uma boa escola não é a mesma para sujeitos que não tenham igual condição de aproveitá-la. É importante perceber que as pessoas são diferentes e que as diferenças devem ser levadas em conta no processo educacional ou, de maneira mais geral, em processos de inclusão e melhoria social. Bourdieu coloca bem esse problema em uma citação célebre do texto “A escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura”:

Com efeito, para que sejam favorecidos os mais favorecidos e desfavorecidos os mais desfavorecidos, é necessário e suficiente que a escola ignore, no âmbito dos conteúdos do ensino que transmite, dos métodos e técnicas de transmissão e dos critérios de avaliação, as desigualdades culturais entre as crianças das diferentes classes sociais. Em outras palavras, tratando todos os educandos, por mais desiguais que sejam eles de fato, como iguais em direitos e deveres, o sistema escolar é levado a dar sua sanção às desigualdades iniciais diante da cultura.

A igualdade formal que pauta a prática pedagógica serve como máscara e justificção para a indiferença no que diz respeito às desigualdades reais diante do ensino e da cultura transmitida, ou, melhor dizendo, exigida.

BOURDIEU, P. A escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura. [1966]. In: NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (Orgs.). *Pierre Bourdieu: escritos sobre educação*. Petrópolis: Vozes, 1998. p. 53.

Como vemos pela citação, basta não estar atento às diferenças para que as desigualdades sejam mantidas. Ao compreender isso, percebemos que o fracasso escolar não se dá por uma falta de capacidade ou de vontade das crianças e dos adolescentes, mas sim por promovermos situações em que as injustiças estão camufladas em falsas condições de igualdade.

LEIA MAIS!

O conceito de “capital cultural” se tornou muito importante para a compreensão da reprodução das desigualdades na escola. De acordo com Bourdieu, não é somente o acúmulo de bens financeiros e materiais que diferencia classes sociais. A própria cultura pode ser considerada um bem que se adquire. Isso faz com que um grupo de alunos tenha uma base cultural que o coloca em melhores condições de sucesso na escola. Para esses alunos, a aprendizagem na escola é uma continuidade da educação familiar. Já, certos grupos sociais não têm o capital cultural necessário para o bom desempenho na escola.

Outro ponto que emerge da obra de Bourdieu é a importância das **diferenças culturais** como componente das desigualdades sociais. Muitas situações de conflito em sala de aula podem ser compreendidas como embates culturais. O modo de ser de muitos estudantes difere do esperado pela instituição de ensino. Assim, sem que o aluno seja previamente conscientizado, seu comportamento é reprimido e considerado não adequado à escola.

Estudos atuais que aproximam trabalhos em Educação com pesquisas em Antropologia vêm reforçando a compreensão de problemas escolares como diferenças culturais. Como exemplo, é possível citar um caso em que alunos eram considerados extremamente indisciplinados por não baterem na porta antes de entrar em um ambiente ou sala da escola. A reação dos educadores era punir os alunos. Contudo, um dos professores se

interessou pelo caso e decidiu investigá-lo. Seu trabalho mostrou que a maior parte dos alunos não dispunha de portas nas partes internas de suas casas. Isso fazia com que eles tivessem o hábito de mudar de ambiente sem pedir licença ou bater à porta. O comportamento considerado desordeiro, nesse caso, refletia mero desconhecimento de uma norma pelos estudantes².

Essa situação ilustra como as diferenças existem no espaço escolar e, se não tivermos cuidado, como elas podem se tornar casos graves de exclusão. Percebemos que, mais que desigualdades sociais, são as diferenças culturais que estão na base do estranhamento e da desconsideração com o outro. Como afirma a antropóloga Neusa Maria de Gusmão (2003), o diferente tende a ser visto como negativo. Isso é muito bem demonstrado na figura de Tonucci (1997).

Se considerarmos que as diferenças sociais e culturais têm enorme importância nos processos de ensino-aprendizagem e estão na base de diferentes problemas, como o fracasso escolar e a indisciplina, torna-se necessário questionar quais são os diversos modos de lidarmos com elas quando pensamos no processo educativo. Para que isso seja possível, vamos começar questionando como as diferenças culturais afetam especificamente as aulas de Ciências.



1.3 Identidade e Cultura no Ensino de Ciências

Todos os dias, muitos professores percebem que o reconhecimento, a importância e mesmo a “beleza” que atribuem à Ciência não são

² Esse caso foi relatado pessoalmente para os autores deste livro durante uma apresentação na Faculdade de Educação, da Universidade de São Paulo.

partilhados, de modo geral, pelos alunos. Ao contrário, como discutimos anteriormente, o cenário com o qual se depara na sala de aula reflete muito mais um contexto de desmotivação e apatia em relação aos temas tratados. Assim, cabe questionar quem é o jovem que hoje chega à escola, quais são seus valores, seus ideais e outros elementos que compõem sua própria cultura, buscando verificar como isso influencia o aprendizado em Ciências.

Embora o diagnóstico geral apresentado acima possa se referir a problemas que não são únicos da educação praticada no século XXI, a questão sobre quem são os estudantes, como eles produzem sua identidade e como isso os leva ao engajamento nas Ciências somente foi apresentada e se constituiu como problema de pesquisa para educadores em Ciências muito recentemente, no final do século XX (SHANAHAN, 2009).

O artigo que se tornou referência para estudos que questionam a relação entre a identidade dos estudantes e o ensino das Ciências foi o de Angela Calabrese Barton (1998). Em um trabalho com crianças carentes, a autora questiona e discute a relação entre a visão de si com a “de quem você pensa que você deveria ser para se envolver em ciência” (CALABRESE BARTON, 1998, p. 387). Em seu trabalho, a autora mostra que muitos estudantes não se veem aptos a se envolver em atividades científicas. A Ciência, para eles, é algo de outro mundo, é estrangeira.

Ainda seguindo o trabalho de Calabrese Barton (1998), uma das razões para que os alunos se sintam distantes da Ciência é a forma rígida e fechada de sua veiculação nos processos de ensino-aprendizagem. Os próprios livros didáticos, em geral, se limitam à apresentação de definições formais dos conceitos científicos e sua manipulação na forma de exercícios. De acordo com a autora, quando nós expandimos as situações de aprendizagem consideradas tipicamente científicas, de forma que os estudantes realizem atividades nas quais eles se reconhecem como indivíduos, isso faz com que não só a sua visão de Ciência se modifique como também sua própria identidade, levando os alunos ao envolvimento com os estudos científicos. Em síntese, é necessário trabalhar as Ciências por meio de atividades que permitam que eles se aproximem e se apropriem dessa disciplina.

Em estudos mais recentes, a autora e colaboradores mostram como esse envolvimento leva à construção do que denominam “artefatos”,

que são entendidos como produções culturais de autoria dos estudantes (CALABRESE BARTON; TAN; RIVET, 2008). Como exemplo, podemos citar a elaboração, pelos próprios alunos, de textos sobre os conteúdos estudados. O processo de reformulação de determinado conjunto de ideias em sua própria linguagem é uma forma de fazer os estudantes reconhecerem esse conhecimento como seu, identificando-se com ele e legitimando sua produção.

Seguindo a linha iniciada por Calabrese Barton (1998), ao longo da última década estudos começaram a mostrar sistematicamente como elementos que compõem a identidade individual e social dos alunos, como raça, gênero, classe social, religião e mesmo relações familiares, afetam seu engajamento nas Ciências (BRICKHOUSE; LOWERY; SHULTZ, 2000; BRICKHOUSE; POTTER, 2001; BROWN, 2006, 2004; GILBERT; YERRICK, 2001; RAHM, 2007; ROTH, 2008). Embora esses estudos se baseiem principalmente em narrativas autobiográficas de indivíduos pertencentes a determinados grupos (na maior parte dos casos, minorias), o elemento mais importante do diagnóstico fornecido por eles parece ser que o envolvimento dos estudantes na Ciência envolve muito mais que fatores motivacionais e afetivos de ordem individual ou particular. A falta de engajamento vem do reconhecimento de uma possível incompatibilidade entre elementos das culturas dos alunos com a cultura científica escolar.

Diversos estudos passaram a mostrar como elementos sutis podem aumentar o distanciamento entre os alunos e os conteúdos científicos. Por exemplo, Jrene Rahm (2007) mostrou como estudantes atribuem determinados tipos de linguagem (padrões de enunciação) a certos grupos sociais. Dependendo das características linguísticas utilizadas pelo professor em seu discurso, os alunos reconhecem o assunto como pertencendo ao seu universo de interesse ou não. No caso das aulas de Ciências, os padrões de enunciação tendem a utilizar a norma culta, semelhante às situações sociais formais. Como vimos por meios dos trabalhos de Bourdieu, certos códigos apenas são comuns a determinadas classes sociais. No caso da linguagem formal ou do uso da norma culta, dificilmente alunos de classes populares têm o hábito de usá-la. Isso faz com que todo discurso produzido nas aulas de Ciências seja estranho e de difícil compreensão para alguns alunos.

O curioso é notar que não se trata de não compreensão do conteúdo científico *stricto senso*, ou de dificuldade para apreendê-lo, mas sim da forma como ele é enunciado para os estudantes.

Em outro caso, Nancy Brickhouse e Jennifer Potter (2001) verificaram que uma visão de Ciência como algo produzido por homens levava as garotas de uma escola a se sentirem inibidas perante o estudo científico, fazendo-as não se julgarem aptas a, por exemplo, levantar questionamentos durante as aulas.

O problema da relação entre gênero e Ciência pode ser facilmente verificado em diversos casos. É muito comum que alunas de ótimo desempenho não tenham os mesmos resultados quando se trata de disciplinas como Física e Matemática. Por mais que alguém preconceituoso insista em achar que mulheres não têm aptidão para as Ciências, não há nenhuma evidência que sustente isso. A única explicação que pode ser dada é de ordem sociocultural: há um conjunto de representações sociais amplamente difundidas que associam somente homens à Ciência, reforçando um estereótipo machista. Não é de espantar que ainda hoje o número de mulheres interessadas em ingressar em cursos de exatas seja menor que o de homens.

De forma semelhante, Stace Olitsky (2006) mostrou, em um estudo de caso, como as dificuldades de um estudante podem ser vistas e entendidas quando se verifica que o discurso utilizado pela escola para caracterizar “quem precisa da educação científica” (isto é, quem é o estudante que deve participar de determinado tipo de instrução) difere do modo como o aluno se reconhece como indivíduo. Nesse caso, o próprio discurso escolar induzia nos alunos um sentimento de estranheza em relação à Ciência, fazendo-os aceitar que tal conhecimento não lhes pertencia.

Por meio dos diferentes casos citados, podemos perceber que, quando se constrói uma incompatibilidade cultural, nasce um problema de raízes profundas. Se a cultura envolve todo um complexo de práticas materiais, técnicas, normas de conduta, valores e padrões de comportamento (WHITAKER; BEZZON, 2006), que se estrutura em diferentes modos semióticos (GEERTZ, 1978), quando verificamos que os problemas de ensino-aprendizagem tocam esse nível, temos que os obstáculos a serem superados na educação básica não envolvem apenas o nível epistemológico, mas também o sociocultural. Isso faz com que aspectos da

cultura (tanto a escolar como, principalmente, a dos indivíduos) sejam pensados como dimensões que fazem parte do próprio processo de “transposição didática” dos saberes escolares. Caso contrário, incompatibilidades como as apontadas serão recorrentes.

O problema apresentado aqui foi bem sintetizado por Brickhouse (1994). A autora aponta que devemos parar de questionar o que há de errado com as garotas (e podemos estender essa situação para outros grupos culturais) e questionar o que há de errado com o tipo de Ciência que temos promovido em sala de aula, isto é, com a forma com que a apresentamos aos alunos. Devemos lembrar que, ao ministrar uma aula, inevitavelmente transmitimos uma imagem de Ciência aos alunos, mesmo que na maioria das vezes isso seja inconsciente. Assim, é preciso questionar quais visões de Ciência nós temos promovido em sala de aula, quais delas podem gerar incompatibilidades culturais com os alunos e, finalmente, como podemos promover uma educação científica que supere esses obstáculos e que leve em conta a dimensão presente nos processos de ensino-aprendizagem.

Consideramos que o caminho a ser trilhado envolve pensar a aproximação entre Ciências e outras formas de atividade e manifestação culturais. Nosso objetivo é evitar que a cultura primeira do aluno torne-se um motivo para que ele seja excluído da escola. A charge publicada no jornal *Folha de S. Paulo* em 8 de fevereiro de 2008 representa bem esse problema.



Para evitar situações como essas, discutiremos nas próximas seções a possibilidade de aproximação entre Ciência e cultura e como isso pode promover a aprendizagem.

1.4 Ciência e Cultura

Defendemos até aqui a importância de criar vínculos entre a cultura do estudante e a cultura das aulas de Ciências. Isso nos leva a questionar quais são as relações entre Ciências e outras formas de cultura. Para isso, é importante resgatar o chamado problema das duas culturas.

Charles Percy Snow (1995) considera que o pensamento acadêmico evoluiu, tornando-se duas formas principais de cultura: a humanística e a científica. Esse rompimento foi um dos resultados do advento da Ciência Moderna, a qual criou formas muito próprias de pensamento e prática que a levaram a se constituir em um campo independente das humanidades. Talvez o efeito educacional mais problemático dessa separação seja fazer com que a Ciência não apenas se desumanize, mas também se desculturalize. Esse é o problema que João Zanetic (1989) já denunciou há mais de duas décadas, quando defendeu a tese *Física também é cultura*. Como ele sustentou mais recentemente, Física e cultura são vistas como manifestações humanas sem relação. Ou seja, a cultura sempre está relacionada a manifestações artísticas, enquanto a Física não aparece como manifestação cultural:

Quando se fala em cultura, raramente a Física comparece na argumentação. Cultura é quase sempre vocação de obra literária, sinfonia ou pintura; cultura erudita, enfim. Tal cultura, internacional ou nacional, traz à mente um quadro de Picasso ou de Tarsila, uma sinfonia de Beethoven ou de Villa-Lobos, um romance de Dostoiévski ou Machado de Assis, enquanto a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell!

ZANETIC, J. Física e cultura. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 3, p. 21, 2005.

Dessa forma, a solução mais evidente para o aparente problema é a reaproximação entre Física, ou as Ciências em geral, com a cultura. Contudo, essa reaproximação não é óbvia, pois o próprio entendimento

do que é Física e, sobretudo, do que é cultura não é uma questão elementar. Como apontamos antes, é necessário ressignificar nossas visões de Ciência e Ensino de Ciências para que isso seja possível. Essa perspectiva faz com que as aproximações possam se dar de diferentes maneiras, com cada uma delas sendo materializada em propostas didáticas diversificadas. Assim, ensinar as Ciências como cultura é uma perspectiva válida e, como vimos com Zanetic, até mesmo uma necessidade importante, a fim de compreender a Física para além de equações e conceitos.

Vale ressaltar que essa dificuldade não está restrita aos debates vinculados à aprendizagem científica. O problema pode ser visto como parte de uma questão maior, que é a relação entre o conhecimento escolar e a cultura. Durante muito tempo nos habituamos a ensinar os conhecimentos por eles mesmos, acreditando que os conteúdos da Ciência têm uma forma e um valor inquestionáveis. Contudo, hoje esse papel importante que atribuímos ao conhecimento é questionável, o que faz com que a escola entre em crise diante da cultura (FORQUIN, 1993).

Quando pensamos na aproximação entre Ciência e cultura, isso pode ser visto, no mínimo, de duas maneiras diferentes. A primeira é pensar a própria Ciência como uma forma específica de cultura. Isso implica conceber essa Ciência como manifestação de um grupo social que tem formas próprias de lidar com o universo ao seu redor. Assim, seguindo um conceito antropológico de cultura, que a entende como um complexo estruturado, formado não só de técnicas e práticas materiais, mas também de valores, normas de conduta, juízos e, principalmente, padrões de comportamento (WHITAKER, 2006), o ensino de Ciências precisa se configurar como um meio em que o aluno aprenda pela participação nessa cultura, em nosso caso, a científica. Como cada cultura se estrutura por meio de seus modos semióticos, isto é, pela construção de redes simbólicas de significado (GEERTZ, 1978), a linguagem da Ciência pode ser o meio pelo qual o aluno apreende a cultura científica (LEMKE, 1997).

O processo de levar os alunos ao “universo da Ciência” é o que tem sido chamado de enculturação pela literatura em ensino de Ciências (CAPECCHI, 2004). Nessa perspectiva, os alunos devem se apropriar das ferramentas culturais da Ciência para se tornarem aptos a lidar com problemas que envolvem o conhecimento científico.

Uma segunda forma de ver a relação entre Física e cultura é definir essa Ciência como parte da cultura de uma sociedade. Embora Zanetic não coloque a articulação nesses termos, acreditamos que essa forma

LEIA MAIS!

João Zanetic é professor da Universidade de São Paulo desde os anos 1970. Seus trabalhos tratam das relações entre Física e cultura, trazendo reflexões sobre como as manifestações culturais podem ser inseridas no Ensino de Física. Sua tese de doutorado, intitulada *Física também é cultura* tornou-se uma referência na área de pesquisa na educação em Ciências.

Pensador engajado politicamente, Zanetic procura, na interlocução com professores e pesquisadores, promover debates que ultrapassem a dimensão teórica para práticas educacionais transformadoras de mundo.

de ver a questão se aproxima de suas proposições (ZANETIC, 1989, 2005, 2006a, 2006b, 2009). A Ciência, nessa perspectiva, seria uma das manifestações que compõem essa cultura. Isso faz com que o conhecimento científico seja pensado mais como forma de contemplação do mundo ou de refletir sobre sua existência do que uma forma prática de intervenção. Esse modo de pensar a Física como cultura tem levado Zanetic a aproximá-la das artes, sobretudo da literatura (2006a, 2006b). As Ciências e as artes se aproximam não por seus métodos de estudo ou seus objetivos, mas por possibilitarem a seus apreciadores formas diferenciadas de olhar o mundo.

Um elemento importante em relação ao posicionamento de Zanetic é que ele não considera que os indivíduos devem ser vistos como consumidores de uma cultura reconhecida como universal. Para ele, ao compartilhar essa cultura os sujeitos devem ter o mesmo *status* que ela. De acordo com Demétrio Delizoicov (2009), o pensamento de Zanetic enfatiza uma compreensão de Ciência como atividade humana.

Muitas vezes algumas sutilezas têm consequências importantes. A apropriação da Ciência como cultura também envolve a produção da cultura. Para nós, é exagero considerar que alunos produzem algo novo em relação à própria Ciência, isto é, que inventam uma nova Ciência. Contudo, o conhecimento científico pode ser visto como criação que não é nova socialmente, mas inédita para o próprio indivíduo. Além disso, e talvez mais importante, seu conhecimento pode levá-lo a criar textos,

músicas e outras manifestações culturais que não são recriações científicas, mas recriações pela Ciência. Em poucas palavras, é a Ciência se manifestando por meio de uma produção cultural.

O desafio proposto neste livro é o de fazer com que os alunos veiculem a Física ou outras Ciências em atividades didáticas de produção cultural. Se eles tiverem familiaridade com artes plásticas, muitas produções de pintura ou desenho, podem ser realizadas. Contudo, neste livro, valorizaremos atividades culturais que têm como base a elaboração de uma narrativa histórica, como teatro, quadrinhos ou textos escritos. Por isso é que, nas próximas seções, discutiremos um pouco mais a importância e o significado dessas narrativas.

1.5 Narrativas no Ensino de Ciências

A possibilidade de aproximar a Ciência de outras formas de manifestação cultural, em especial das narrativas, foi retomada por Jonathan Osborne e colaboradores recentemente. Eles apontam que os textos científicos, em geral, têm um formato que os torna de difícil apreensão para a maioria dos alunos. Isso ocorre porque são de um gênero basicamente expositivo, utilizam uma linguagem técnica e são compostos de forma unívoca, e não dialética (AVRAAMIDOU; OSBORNE, 2009). Em outros termos, podemos dizer que mesmo a escrita científica destinada a não especialistas se dá de forma quase alheia à natureza de seu leitor, sem diálogo com ele.

Por causa desse problema, os autores questionam que tipo de escrita (poderíamos generalizar para que tipo de *discurso*) pode ser considerado um meio mais propício para comunicar o conhecimento científico. A resposta possível é que as narrativas são o meio mais utilizado pelo discurso comum para apresentar ideias. Isso faz delas facilitadores do processo de ensino-aprendizagem. Em suas palavras: “Histórias são diariamente usadas como meio de dar sentido e comunicar eventos no mundo. Filmes, livros, televisão e conversas do dia a dia são repletas de histórias” (AVRAAMIDOU; OSBORNE, 2009. p. 1686).

Como as histórias têm esse potencial em nossa prática diária, o autor aponta que uma questão legítima de colocar é se as histórias, no

sentido de uma narrativa ficcional, podem ser utilizadas em aulas de Ciências. Além disso, mais importante ainda é responder como essas mesmas histórias podem ser trabalhadas nesse contexto.

Dentro desse conjunto de questões, os autores desenvolvem um trabalho teórico sobre o tema. Eles apresentam uma série de extratos de textos de divulgação científica com o objetivo de mostrar como a Ciência pode ser explicada de forma narrativa através desses textos. Mas pouco esclarecem como veem a relação entre as explicações científicas e as narrativas.

Com base nessas reflexões, os autores apontam os possíveis usos das narrativas em sala de aula. Podemos resumir suas considerações destacando que as narrativas são formas de:

- o professor apresentar o conteúdo de maneira mais compreensível ao aluno, comunicando ideias, tornando-as coerentes, memoráveis e significativas;
- incluir os alunos na discussão, tornando a Ciência menos “estranha” a eles;
- os alunos comunicarem seus próprios conhecimentos científicos;
- desenvolver a comunicação em ambientes virtuais.

Osborne e colaboradores não são os únicos a defender a importância das pesquisas sobre as narrativas científicas. Stephen Klassen (2009, 2010a, 2010b) vem defendendo fortemente esse tema. O autor considera que esse é um problema em aberto, pois, embora tenha crescido o número de pesquisas que defendem o uso das narrativas, não há estudos experimentais sobre o uso de histórias em sala de aula. Contudo, Klassen faz um importante alerta sobre como estabelecer um campo de pesquisas nesse sentido. Para ele, não se deve tentar desenvolver um procedimento para a leitura ou escrita de narrativas científicas, pois: “escrever uma história científica é, em última instância, um ato criativo que não pode ser reduzido a um método” (KLASSEN, 2009, p. 402).

Como meio de intervenção no ensino, o autor avalia o papel da leitura de histórias sobre as Ciências em sala de aula. Para isso, ele se baseia em episódios da história das Ciências para construir, ele próprio, as narrativas utilizadas nas aulas pelos alunos. Assim, sua abordagem é bem diferente da que tratamos anteriormente. Klassen foca seu trabalho em narrativas cujos

protagonistas são os próprios cientistas. Seu trabalho quase chega a ser biográfico (KLASSEN, 2009). Contudo, o autor trata com bastante rigor a dimensão histórica de suas pesquisas, estabelecendo um campo de reflexões sobre o próprio uso da história da Ciência no ensino (KLASSEN, 2010b).

Esses trabalhos recentes nos indicam que as narrativas podem ser um excelente meio de aproximar a Ciência da linguagem dos estudantes na escola. A seguir, vamos detalhar um pouco mais a natureza dessas narrativas.

1.6 As narrativas como forma de pensamento

Jerome Bruner é um autor bastante conhecido em Psicologia e Educação. Entre suas principais contribuições está a ideia de um currículo em espiral, na qual um conhecimento passa por diferentes níveis de organização ao longo do processo de escolarização. Até muito recentemente, sua produção intelectual continuou a gerar reflexões originais sobre seus temas de interesse.

Mesmo não sendo um vigotskiano no sentido ortodoxo do termo, o autor reconhece que o psicólogo russo **Lev S. Vigotski** influenciou as novas direções de seu trabalho (BRUNER, 2001[1996]), levando-o a ser um dos fundadores da Psicologia Cultural nos Estados Unidos. Entre os diferentes ramos de sua pesquisa, um dos temas que passou a ser cada vez mais central foi o papel das narrativas no pensamento humano (BRUNER, 1998[1986], 2001[1996], 2002).

Em sua primeira obra sobre o tema das *narrativas*, Bruner faz uma distinção entre dois tipos básicos de pensamento, o lógico-científico e

LEIA MAIS!

Lev Semenovich Vigotski foi um autor da primeira metade do século XX. Nascido na Bielorrússia em 1896, iniciou sua carreira no período pós-Revolução Russa (curiosamente ele se formou em direito em 1917, ano da revolução). Por causa das restrições à União Soviética e da falta de intercâmbio cultural com ela, seus trabalhos acabaram ficando completamente desconhecidos tanto no mundo europeu como nas Américas. Isso levou suas pesquisas a serem descobertas apenas nos anos 1960, e hoje ele é considerado um dos fundadores da psicologia sócio-histórica, que entende o desenvolvimento cognitivo como um processo de interação do homem com seu meio cultural.

o narrativo (BRUNER, 1998[1986]). Embora essa distinção não seja excludente – o pensamento em dada situação pode ser uma combinação de ambos –, o autor considera que não podemos tentar reduzir o pensamento lógico ao narrativo.

Com base nessa distinção, ele comenta, para justificar seu interesse, que embora a tradição filosófica tenha tratado em profundidade das características do pensamento lógico, as narrativas como formas de pensamento foram muito pouco estudadas (BRUNER, 1998[1986]). Por isso, ele funda um novo campo de pesquisas, para o qual dedicará suas posteriores obras.

Em seus últimos livros, Bruner (2002, 2001[1996]) aprofunda as hipóteses levantadas nas obras anteriores. O ponto de partida de sua reflexão é saber como os seres humanos dão forma às suas respectivas experiências. Ele coloca essa questão como base de seu trabalho por considerar que o que nos diferencia dos animais, isto é, o que nos faz humanos, é a capacidade de compreender o mundo exterior de maneira consciente e, ao mesmo tempo, coletiva. Como em Vigotski, não faz uma diferenciação entre individual e cultural. Contudo, diferentemente de algumas interpretações da Psicologia Cultural, que privilegiam somente o coletivo, o autor alerta:

Nada está isento de cultura, mas os indivíduos tampouco são simplesmente espelhos de sua cultura. É a interação entre eles que confere um toque comunal ao pensamento individual e impõe uma certa riqueza imprevisível na forma de qualquer cultura, pensamento ou sentimento.

BRUNER, J. *A cultura da educação* [1996]. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 24.

Esse posicionamento é importante, pois não elimina a possibilidade de o indivíduo criar formas próprias de apreensão de sua cultura e, por meio delas, de interpretação do mundo exterior. Além disso, não nega, de forma alguma, o papel do coletivo na constituição do pensamento, colocando o cultural como dinâmico, passível de modificações pela criação individual, e não um dado *a priori*. Antony Giddens (2002) chega a um posicionamento muito semelhante quando trata de um problema parecido: a relação dos indivíduos com as estruturas sociais. Para ele, o indivíduo não é um escravo do social, mas um realizador dele.

O posicionamento anterior permite a Bruner questionar o papel das narrativas como meios de comunicação, pois, para ele, o contar histórias é uma forma de transmissão cultural. Ao considerar que o indivíduo intervém e cria sua cultura, as narrativas passam a ser um meio de essa cultura se estabelecer e se tornar uma forma de pensamento que lida com a realidade exterior.

Quando se estabelece esse papel para as narrativas, uma questão que pode ser pertinentemente proposta é: por que elas cumprem esse papel e o que as diferencia de outras formas culturais de apreensão do mundo exterior? Para responder a essa questão, com base nesse autor, é preciso considerar como ele define uma narrativa.

Bruner (2002) define uma narrativa, independentemente de sua natureza, como uma dialética entre o que nós esperamos e o que se produz de fato. Para que haja uma história, é preciso que algum evento imprevisto sobrevenha. Uma história, considera Bruner, é sensível a tudo que é contrário ao nosso senso de “normalidade”. Sendo esse um padrão geral das narrativas, o que define o tipo de história é a situação descrita e a solução dada ao impasse.

Essa forma ampla de considerar a narrativa nos permite afirmar que, a princípio, qualquer tema ou questão pode ser tratado levando em conta esse modo de pensar. Além disso, do ponto de vista dos processos de ensino em geral, é interessante verificar que, se a narrativa envolve a produção do novo em relação às expectativas, ela pode ser caracterizada como um instrumento de mudança. Se o ato de educar é uma forma de promover mudanças no sujeito, então as narrativas podem fazer parte desse trabalho. Sobre esse aspecto, o autor ainda aponta um elemento adicional:

Uma grande narrativa nos convida a expor problemas. Ela não está lá para simplesmente dizer como resolvê-los. Ela nos fala de uma situação de crise, de um caminho a percorrer e não nos leva a um refúgio.

BRUNER, J. Pourquoi nous racontons-nous des Histories?: *Le Récit au fondement de la culture et de l'identité individuelle*. Paris: Agora, 2002. p. 33. (Tradução dos autores.)

Com isso, vemos que a narrativa não é uma forma simples de explorar os acontecimentos, e que não é a clareza em explorar os fatos que torna uma narrativa boa. Pelo contrário, é a capacidade de lidar com contextos ou situações adversas, problemáticas e até mesmo contraditórias que faz de uma narrativa um bom instrumento para lidar com o desconhecido.

Para que esse trabalho seja realizado, os elementos que compõem uma narrativa precisam ser reorganizados. A disposição dos “personagens”, seu enredo e as formas como o narrador os vê precisam mudar. É justamente esse processo de mudança que permite que elementos sejam reinterpretados para estabelecer a ordem. O que torna o processo interessante, de acordo com o autor, é que esse processo se dá no sujeito. Por ele não ser imparcial ou neutro, pode reconstruir sua forma individual de interpretar a realidade exterior.

O interessante em falar de reconstruções é que vemos como o novo e o já estabelecido têm uma relação entre si. Reconstruir não é nem deixar as coisas como são, nem elaborar algo a partir do nada. Tal processo reflete bem a dialética entre individual e cultural. Isso leva Bruner (2002) a uma consideração importante para esse trabalho, que se refere ao processo de construção de narrativas em relação a certas habilidades de pensamento.

Podemos caracterizar a elaboração de narrativas como um processo de criação, com base na imaginação, mas que não é alheio à própria realidade e às formas de culturas estabelecidas. Esse ponto é particularmente importante para o trabalho educativo, pois se espera que o construto do aluno não seja uma construção qualquer, mas algo em alguma medida comprometido com a cultura que o aluno apreende durante o processo de escolarização.

Essa forma de entender as narrativas e o processo educacional vão ao encontro de como o autor entende o papel da escola. Para Bruner (2001[1996]), pensar a educação é refletir sobre as formas culturais de uma sociedade. Isso ocorre porque a maneira como entendemos nossa própria cultura é que determina o que se considera o papel da escola e delimita os objetos de ensino. A escola, como qualquer instituição social, não é alheia à cultura. Contudo, pelos motivos já apontados, ela não deve apenas reproduzir a cultura vigente em algum campo. Essa apropriação deve considerar que o aluno se apropria de determinadas “ferramentas culturais” para com elas produzir “artefatos culturais” (BRUNER, 2001[1996]).

O autor afirma ainda que o processo educativo tem a função de transmitir ferramentas culturais, fazendo considerações muito próxi-

mas do que hoje passamos a chamar de letramento e, no contexto do Ensino de Ciências, letramento científico. Contudo, como Bruner concebe a cultura de uma forma diferente, considerando-a não algo predefinido, mas sim uma dinâmica em que os indivíduos se apropriam de seus elementos para criar concepções próprias de ver o mundo, os tipos de ferramentas às quais ele se refere se tornam um pouco diferentes do que normalmente as correntes de ensino determinam. É isso que permite ao autor pensar nas narrativas como parte de diferentes culturas, inclusive a científica.

Ao refletir sobre o ensino das Ciências, Bruner reconhece que muitos avanços ocorreram nas suas formas de instrução. Contudo, o caráter ainda estático desse ensino pode ser um dos motivos para que continue sendo inacessível aos alunos. Assim, o autor considera possível que tenhamos “errado” ao separar a Ciência da narrativa da cultura. A partir disso, ele dá indicações do uso de elementos da história da Ciência como meio de mostrar a Ciência em construção, propondo algo muito próximo das propostas de Steven Klassen, apresentadas anteriormente. No entanto, Bruner (2002; 2001[1996]) desenvolve muito pouco as indicações específicas ao ensino das Ciências. Isso evidentemente acontece por não ser esse o foco do autor.

Com base nessas propostas, nosso trabalho buscará, daqui por diante, investigar como as narrativas podem, efetivamente, fazer parte das aulas de Ciências. Em nosso estudo, levaremos em conta o ensino de Física, visto que essa é a linha específica deste livro.

1.7 As narrativas como expressão cultural e fundamento da aprendizagem

O desafio proposto neste livro consiste em encontrar formas de aproximar a Ciência de manifestações culturais que os sujeitos reconhecem como parte de sua identidade. O problema foi colocado considerando a criação de vínculos entre Ciência e outras culturas. A importância da criação desses vínculos vem da necessidade de evitar nas aulas de Ciências conflitos culturais, que são tidos como as raízes de problemas como indisciplina e apatia dos alunos. De acordo com o exposto acima, a criação de vínculos com o conhecimento científico

permite o engajamento dos alunos nas atividades de ensino, e o resultado da aprendizagem pode ser verificado através de suas manifestações culturais, elaboradas tomando conteúdos, problemas, embates e outros elementos da cultura científica como base.

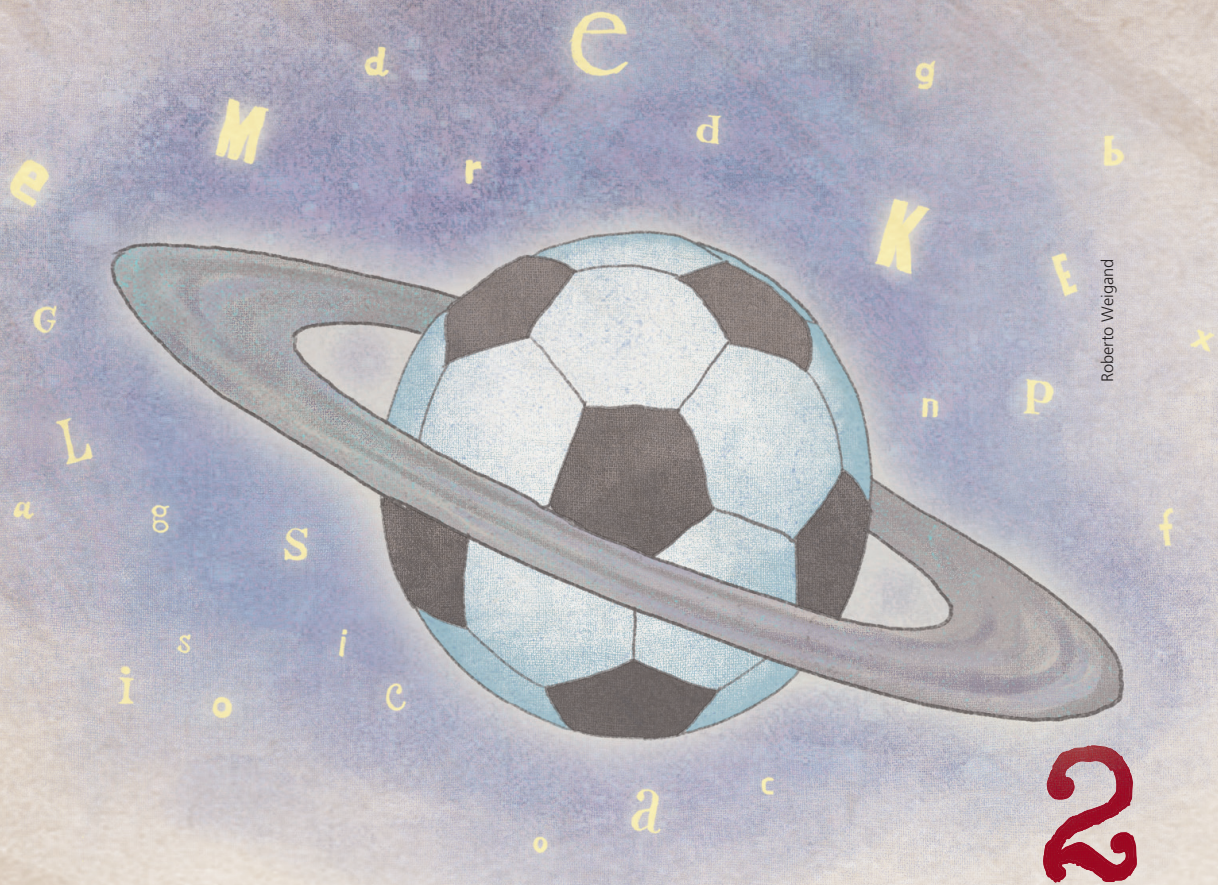
Os indivíduos podem ter diferentes formas de se expressar culturalmente, e cada grupo pode se reconhecer em tipos específicos de manifestação cultural. Por exemplo, alguns elegem o *hip-hop* e o grafite como expressão de sua cultura, enquanto outros preferem a literatura e a música popular brasileira. Cada grupo cultural faz determinada combinação de formas de se expressar que passam a defini-lo.

Apesar da multiplicidade de manifestações culturais, podemos perguntar se existe algo de comum em todas elas ou, ao menos, em algumas delas. Como vimos com Jerome Bruner, as narrativas podem ser entendidas como uma forma quase natural de interpretarmos a realidade que nos rodeia. É interessante perceber que, de acordo com esse autor, um conjunto de eventos, fenômenos ou ideias passa a fazer sentido quando se insere em uma mesma narrativa. Assim, o *pensamento narrativo* é considerado uma forma básica de se expressar culturalmente.

Apesar de algumas manifestações culturais, como as artes plásticas, fugirem à natureza do pensamento narrativo, diferentes formas de se expressar têm como base a narrativa. Um conto, uma peça de teatro, algumas músicas e poesias, uma novela, quadrinhos, filmes (mesmo que gravados no celular) podem ser considerados exemplos de narrativas. Manifestações que não têm um cunho artístico também podem ter o pensamento narrativo como base. Por exemplo, uma carta, o relato de uma notícia, uma reportagem de jornal, um jogo em formato RPG, um texto de *blog*, um *post* no Facebook ou um comentário em uma página da internet são manifestações culturais com base em narrativas.

Como síntese dessa discussão, consideramos que a aprendizagem em Ciências pode se dar por meio da elaboração de diferentes manifestações culturais pelos alunos; o próprio ato de criar deve ser o exercício principal em sala de aula. Assim, nosso convite consiste em pensar em como criar oportunidades para que os alunos elaborem narrativas.

No próximo capítulo, indicamos alguns obstáculos e dificuldades que podem ocorrer quando propostas dessa natureza são elaboradas.



Possíveis obstáculos à implementação da proposta

No capítulo anterior, buscamos fundamentar por que é importante pensar a aprendizagem em Ciências em uma perspectiva cultural e o que significa essa perspectiva. Sua importância vem principalmente da necessidade de evitar conflitos culturais nos espaços escolares, não apenas para fazer da sala de aula um ambiente propício à aprendizagem, mas também para evitar casos mais graves de exclusão social quando se trata das classes menos favorecidas.

Apontamos ainda a importância de pensar a própria natureza da aprendizagem como cultura, evitando separar de maneira incisiva processos cognitivos e relações sociais. Para que isso ocorra, é necessária a existência de momentos em que os alunos se manifestem culturalmente sobre os conteúdos estudados, e suas formas de expressão devem ser valorizadas. A aprendizagem em Ciências é vista como a capacidade de veicular a Ciência em criações autorais que permitam interpretar a realidade. O meio que indicamos como válido para esse objetivo é a produção de narrativas pelos alunos, que podem ganhar vida por meio de histórias escritas, músicas, quadrinhos, teatro, entre outras.

Contudo, por mais que uma proposta didática busque fundamentos que a legitimem, sempre haverá obstáculos à sua implementação. Toda tentativa de inovação passa por um árduo processo de negociação com valores previamente estabelecidos e historicamente consolidados. Nos casos em que os processos de ensino-aprendizagem estão envolvidos, é preciso superar modelos tradicionais de educação.

Quando buscamos promover inovações em sala de aula, encontramos resistências diversas. Algumas têm origens externas, como a falta de apoio de outros agentes escolares e a má compreensão dos processos educativos pelos pais e responsáveis. No entanto, os maiores obstáculos estão presentes em sala de aula e envolvem os próprios professores e os alunos. Tanto os professores como os alunos dispõem de anos de experiência escolar e já se acostumaram a desempenhar determinados papéis. Para que alguma mudança ocorra, é necessário ter consciência de que esses papéis devem mudar.

O primeiro obstáculo, e talvez o mais geral, está relacionado à própria natureza do processo de ensino-aprendizagem. Por mais que os alunos não gostem das aulas tradicionais, este é, em geral, o único modelo de educação que conhecem. Isso faz com que os estudantes esperem que, por mais que seja “chata”, a aula seja a exposição de um amontoado de definições e regras de operação. Mesmo sabendo que as definições não fazem sentido e que o conjunto de regras de operação não são habilidades, suas experiências escolares prévias os levam a crer que é assim que acontece a educação. Para usar os termos de Paulo Freire (2010[1968]), quanto mais “bancário” for o processo educativo, ou seja, em forma de depósito nos alunos, mais ele estará dentro das expectativas.

O que resulta de uma visão tradicional de educação é a não aceitação, pelos próprios alunos, de um modelo diferenciado de aula. É comum que eles gostem de uma aula “alternativa”, mas a considerem apenas uma brincadeira que não faz parte do processo educativo. Se o professor insistir em modelos não usuais de ensino-aprendizagem, é possível que em algum momento um aluno pergunte: “Professor, o senhor não vai mais dar aula?”. A pergunta do estudante vem da incompreensão da natureza do processo educativo pelo qual ele está passando. Esse contexto faz com que seja necessário o professor esclarecer suas intenções

didáticas aos estudantes, deixando claros seus objetivos. Assim eles poderão ser efetivamente inseridos no processo de ensino-aprendizagem, percebendo-o como tal.

Um segundo obstáculo relacionado à natureza do conhecimento decorre, de certa forma, do primeiro. Estamos acostumados a ter contato com a versão final do conhecimento científico, e não com seu processo de elaboração. Raramente, por exemplo, consultamos os textos originais escritos por Isaac Newton, Charles Darwin ou Ernest Rutherford. Isso faz com que tenhamos a impressão de que a Ciência é apenas um conjunto de definições formais e impessoais. As marcas do pensamento humano que demonstram seu processo de criação em geral são apagadas com o tempo.

O educador em Ciências Clive Sutton (1995[1992]; 1998) analisou como um enunciado científico muda ao longo de sua história. De acordo com Sutton, quando um conceito é inicialmente elaborado por um cientista, nem sempre a linguagem é muito precisa. Em seu discurso, há uma forte presença de analogias e metáforas, e é possível perceber que o conhecimento é parte de conjecturas³ e fruto da imaginação subjetiva (GURGEL; PIETROCOLA, 2011). No entanto, à medida que passa por diversas publicações, até chegar aos livros didáticos, a linguagem utilizada se torna impessoal, ocultando os sujeitos das frases e minimizando figuras de linguagem, como as metáforas. Isso faz com que tenhamos a impressão de que a Ciência sempre opera com enunciados formais e precisos. Contudo, isso não corresponde à própria Ciência, que muitas vezes usa da liberdade poética a seu favor (GURGEL, 2010).

Embora a atividade científica utilize recursos linguísticos diversos, sempre esperamos que nossos alunos se restrinjam ao uso da linguagem *formal e precisa*, pois isso mostra excelência em suas produções. Essa concepção nos leva a um processo de ensino que inibe as produções autorais dos alunos, fruto de seu trabalho de composição. Por buscar a precisão das sentenças, a educação tradicional valoriza a mera repetição mecânica de enunciados impessoais. Como no caso anterior, quando tentamos evitar a lógica da repetição, nem sempre os alunos, e mesmo muitos professores, compreendem essa mudança.

³ É comum os cientistas escreverem “eu acho”, “eu penso”, expressões que deixam clara a marca humana na produção do conhecimento.

Os alunos ficam bastante inquietos quando o professor propõe que eles escrevam livremente, pois ainda mantêm a expectativa de que existe uma única forma de se expressar sobre determinado assunto. Nesse contexto, falas como “não sei por que o professor não fala logo o que temos que escrever” são fáceis de ser ouvidas. O aluno quer saber qual é o resultado da aprendizagem para que ele possa repetir.

Para que as atividades de elaboração de narrativas sejam vistas como parte do processo de ensino-aprendizagem, é necessário fazer com que os alunos reconheçam suas próprias produções sobre determinado assunto como um saber válido. Não é por não usar uma linguagem técnica que aquilo que se diz sobre um assunto não tem validade. Se essa visão não é bem compreendida, o processo de ensino-aprendizagem proposto neste livro não faz sentido algum.

A concepção de conhecimento que valorizamos aqui não é a de um saber enciclopédico, de definições estáticas, mas sim uma prática ou atividade dinâmica do intelecto. Em analogia, podemos afirmar que a Ciência é como um esporte que se aprende praticando.

Para que a aprendizagem tenha um caráter dinâmico e seja associada a um *fazer* do aluno, ele deve participar ativamente do processo. No entanto, os alunos estão habituados a ser espectadores na aprendizagem. Fazer um aluno sair da postura passiva para a participação ativa no processo de conhecer exige tempo e trabalho. Nenhuma mudança de hábito é repentina; ela acontece de maneira gradual. Por exemplo, atividades que envolvem debates e discussões não são bem aceitas por muitos alunos no início. Eles têm vergonha de se expor publicamente e demonstram dificuldade em se expressar. Apenas depois de algumas aulas é que ficam mais à vontade para falar, quando percebem que suas ideias não serão reprimidas pelo professor e que os outros alunos não têm motivos para discriminá-las.

Os alunos têm dificuldade não só em se expor em sala de aula como em elaborar narrativas sobre determinado tema. Eles não se sentem à vontade para apresentar seus textos ao professor ou aos colegas nos primeiros encontros. Mas, se a atividade é recorrente, com o tempo ela se torna comum a todos e passa a fazer parte do cotidiano escolar. O desconforto gerado pela inovação diminui com o tempo.

Um tipo de dificuldade especial que os alunos têm na elaboração de narrativas está relacionado à capacidade de escrita. É bastante re-

conhecida a dificuldade de escrita de alunos em todos os níveis de instrução. Para lidar com esse problema, deve-se encontrar um equilíbrio. Por um lado, os professores da área de Ciências, como os de todas as áreas, precisam atentar para a qualidade da escrita e do uso do idioma. É através da prática da escrita em todas as disciplinas que se obtém a fluência esperada. Assim, os erros dos alunos precisam ser corrigidos e pode-se esperar que a qualidade do texto melhore com o tempo. Por outro lado, as dificuldades dos alunos não podem se tornar um impeditivo para a realização das atividades. Muitas vezes, apesar de alguma dificuldade com o idioma, eles elaboram boas narrativas. Por isso, os professores devem olhar o texto em seu conjunto de significado, não se limitando aos erros de ortografia e de gramática. Nesses casos, é importante que os alunos tenham seu trabalho valorizado, pois, quando elaboraram um trabalho criativo com base em elementos das Ciências, cumpriram seus objetivos.

Atividades que envolvem o processo criativo dos alunos exigem critérios de avaliação diferentes. Processos avaliativos que se baseiam em certo ou errado, verdadeiro ou falso e padrões semelhantes não funcionam nesses casos. Se for solicitado que o aluno “liberte” a mente e, por exemplo, elabore uma história, não se pode esperar que a história tenha um roteiro preestabelecido.

A avaliação das manifestações dos estudantes não pode tomar como base um resultado já consolidado. No entanto, isso não significa que não existe nenhum critério de avaliação. O primeiro item a ser avaliado é se os estudantes estão cumprindo a atividade conforme ela foi pedida. É muito comum que os alunos, intencionalmente ou não, interpretem o enunciado de forma a minimizar seus esforços, o que os leva a não cumprir plenamente a tarefa. Em situações como essa, é recomendado deixar claro o nível de elaboração que se espera. Por exemplo, pode-se indicar se o aluno deve escrever no mínimo dez linhas ou uma página inteira.

Outro ponto a ser avaliado é o esforço dos alunos. É fácil notar se eles se dedicaram à tarefa, consultando materiais e buscando informações, ou se elaboraram apenas afirmações óbvias. Nessa perspectiva, é possível verificar se os alunos realmente exerceram sua criatividade no trabalho escolar ou se fizeram algo completamente previsível. Os alunos não precisam criar

algo surpreendente, mas se espera que eles não se restrinjam aos exemplos dados pelo professor ou a cópias de textos de livros ou da internet.

Um último ponto que merece destaque antes de apresentarmos as atividades se refere ao momento de aplicação delas. Primeiramente, é fundamental ter claro que as atividades apresentadas neste livro, que valorizam a manifestação cultural dos alunos, não devem ser a única estratégia de ensino a ser utilizada. Caso isso seja feito, os alunos aprenderão muito pouco e, principalmente, rejeitarão a proposta de ensino. É interessante que as atividades aqui propostas sejam intercaladas com outras estratégias de ensino, como uma boa aula expositiva que sintetize o conhecimento estudado ou um experimento que permita aos alunos terem contato com as variáveis de um fenômeno estudado.

As considerações acima buscam mostrar por que o desenvolvimento das atividades deste livro não ocorre espontaneamente. Vemos que é necessário pensar em diversos elementos da prática educacional. Contudo, cada um dos apontamentos apresentados pode ser considerado relativamente simples, e não parecem merecer o nome de obstáculos, o que nos leva a questionar por que certas mudanças são difíceis de ocorrer.

As dificuldades de implementar uma nova proposta aparecem quando percebemos que vários conjuntos de pequenas mudanças precisam ser feitos simultaneamente. Ou seja, esse não é um problema de uma única variável, em que a mudança em um ponto específico pode gerar a solução. Se repararmos nos elementos vistos aqui, para que as atividades propostas neste livro tenham significado, é preciso que a forma como entendemos o que é Ciência, a maneira como vemos nossos alunos, o papel educacional que atribuímos às atividades didáticas, os critérios de avaliação e outros componentes do fazer docente sejam modificados.

A complexidade da mudança envolve aceitar que uma grande quantidade de práticas precisa ser renovada. Para o professor que “encara o desafio”, são necessárias a vontade e a coragem de correr riscos. Aqui não se trata exatamente de se arriscar em algo perigoso, mas sim de se aventurar no novo.

As atividades apresentadas a seguir foram elaboradas com o cuidado de lidar com essas diferentes variáveis, estabelecendo-se como uma prática coerente em seus objetivos. Dessa forma, buscamos esclarecer os elementos necessários para que nossas propostas se configurem em boas experiências aos professores que as adotarem.



3

Sugestões de atividades

Neste capítulo, apresentaremos um conjunto de atividades que, acreditamos, representam bem os objetivos educacionais discutidos anteriormente. Muitas outras situações de aprendizagem podem ser feitas com o mesmo espírito, valorizando as manifestações culturais dos estudantes e as colocando como centro da aprendizagem. Esperamos que estas atividades sirvam de exemplo para que novas práticas, coerentes com o contexto de atuação do professor, sejam desenvolvidas. O objetivo de descrevê-las é fazer com que o discurso educacional elaborado neste livro se materialize.

Em cada situação de aprendizagem são apresentados objetivos e orientações para a dinâmica de sala de aula. Também incluímos o relato de nossa experiência ao realizarmos as atividades com nossos alunos de Ensino Médio. Essas e outras indicações são dadas com o objetivo de ajudar o professor na preparação de sua aula. Elas não devem ser tomadas como regras a serem seguidas indiscriminadamente. É fundamental que cada atividade seja adaptada e recriada de modo a torná-la adequada às aulas e à realidade dos alunos. Também podem servir de inspiração para o desenvolvimento de atividades similares.

A maior parte das atividades combina momentos de leitura com situações de produção pelos alunos. Esse é um dado importante, pois a leitura prévia de um texto ajuda os alunos a terem elementos para a própria produção cultural. É muito comum em atividades que envolvem a criatividade que os alunos fiquem “paralisados”, sem saber por onde começar. Assim, uma atividade anterior ajuda a dar subsídios para o trabalho dos estudantes, seja por fornecer conceitos preliminares, seja por indicar um formato. Contudo, é sempre importante lembrar que o texto é apenas a base de um diálogo e não deve ser tomado como modelo para a repetição.



3.1 Escrevendo cartas para Kepler e Galileu

Ao longo da história foram elaborados diferentes modelos de Universo. Entre os modelos que ganharam relevância no mundo ocidental estão o geocêntrico e o heliocêntrico. O primeiro, aceito da Antiguidade ao início do Renascimento, apresenta a Terra no centro do Universo, que é dividido em duas partes principais: as regiões sublunar e supralunar. Essas regiões obedeceriam leis diferentes, não existindo nessa época a ideia de lei universal. O segundo modelo, que começou a ser aceito no século XVI e está na base da Ciência Moderna, coloca o Sol como centro de rotação dos planetas e considera que todo o Universo é regido pelas mesmas leis.

A transição de um paradigma geocêntrico para um heliocêntrico foi, como colocou Thomas Kuhn, uma das maiores revoluções científicas da história. Esse episódio se tornou importante por envolver muitos conflitos com a religião católica, que defendia o modelo geocêntrico. Também é representativo de como novas ideias são difíceis de ser aceitas quando rompem com um saber estabelecido. Esses pontos fazem dele um bom tema para discussão em sala de aula.

O objetivo dessa situação de aprendizagem é fazer um exercício de imaginação histórica, que leve os estudantes a pensar em como é difícil propor novas ideias quando elas provavelmente não serão aceitas. Os alunos poderão compreender, com essa dinâmica, alguns elementos da natureza das Ciências, isto é, de como ela é feita e como o conhecimento afeta a sociedade e é afetado por ela.

Para cumprir esses objetivos, os alunos deverão, primeiramente, ler duas cartas trocadas por Galileu Galilei e Johannes Kepler no fim do século XVI.

Ambos os cientistas são reconhecidos como precursores da Ciência Moderna e estão entre os primeiros defensores do heliocentrismo. A leitura prévia permite aos alunos se situarem na problemática da época, sobretudo em relação aos conflitos com a Igreja. É importante que o tema já tenha sido introduzido antes, pois a leitura apenas possibilita que os alunos percebam o ambiente e como os cientistas viviam o problema na época.

Depois de lerem o texto, os próprios alunos serão convidados a “participar do debate”. Para isso, eles devem elaborar uma narrativa no formato de carta, imaginando que essa carta será enviada a Kepler, a Galileu ou a ambos. Os alunos devem ter a liberdade de se colocar em diferentes posições, concordando ou não com os cientistas. O mais importante é que seus pontos de vista estejam bem explícitos na carta e sejam internamente coerentes.

O professor pode iniciar a atividade ressaltando alguns aspectos do ponto de vista histórico, ou seja, apresentando os modelos geocêntrico e heliocêntrico. Isso é importante para que os alunos compreendam o contexto das cartas e a posição dos cientistas. Deve-se tomar cuidado para que o modelo geocêntrico não seja apresentado como ingênuo. Mesmo tendo deixado de ser aceito hoje, ele foi uma grande contribuição à história das ideias e permitiu bons resultados para a época.

Para ajudar os alunos em relação às questões linguísticas do texto, pode-se discutir antecipadamente com eles alguns termos pouco usuais para a linguagem atual. Isso facilitará a leitura feita em seguida.

ATIVIDADE

No fim do século XVI, as ideias de Copérnico eram debatidas no meio científico. Poucas pessoas as aceitavam, julgando-as heréticas. Dois cientistas estavam no grupo que as defendiam: Galileu Galilei e Johannes Kepler. Veja duas cartas trocadas entre eles:

No dia 4 de agosto de 1597, Galileu escreveu sua primeira carta a Kepler:

Não recebi há alguns dias, mas apenas há algumas horas, meu culto doutor, o livro que me enviastes por intermédio de Paulus Amberger, visto que o mesmo Paulus me informou de seu regresso iminente à Alemanha. Seria um ingrato realmente se vos não agradecesse

imediatamente. Aceito o vosso livro com tanto mais gratidão, pois o tenho por prova de ter sido considerado digno de vossa amizade. Até agora só corri os olhos pelo prefácio, mas adquiri com isso uma ideia do intento, e me congratulo por ter, no estudo da Verdade, um associado que é amigo da Verdade. É uma pena existirem tão poucos que persigam a Verdade e não pervertam a razão filosófica. Contudo, não cabe aqui deplorar as misérias deste nosso século e sim congratular-vos pelos brilhantes argumentos que apresentais em favor da Verdade. Só acrescentarei que prometo ler a obra tranquilamente, certo de nela descobrir as coisas mais admiráveis, e fa-lo-ei alegremente, uma vez que adotei os ensinamentos de Copérnico há muitos anos, e o seu ponto de vista me permite explicar inúmeros fenômenos da natureza que, indubitavelmente, ficam inexplicáveis segundo as hipóteses mais correntes. Escrevi inúmeros argumentos em apoio a ele e em refutação ao parecer oposto, mas até agora não ousei publicá-los, atemorizado pelo destino do próprio Copérnico, nosso Mestre, que, embora adquirisse fama imortal com alguns, constitui ainda, para uma infinita multidão de outros, (que tal é o número de tolos) objeto de ridículo e zombaria. Certamente ousaria publicar as minhas reflexões imediatamente se existisse mais gente como vós; como não existe, saberei conter-me.

KOESTLER, A. *Os sonâmbulos: história das concepções do homem sobre o Universo*. São Paulo: Ibrasa, 1961. p. 246.

Kepler responde a Galileu em 13 de outubro de 1597:

Gratz, 13 de outubro de 1597. A vossa carta, meu excelentíssimo, humanista, que me escrevestes em 4 de agosto, recebi-a em 1º de setembro, e me deu motivos para um duplo júbilo: primeiro, por simplificar o começo de uma amizade com um italiano; segundo, porque estamos de acordo quanto à cosmografia copernicana [...] Suponha que, se tivestes tempo, já travastes melhor conhecimento com o meu livrinho, e desejo ardentemente saber a vossa opinião crítica, pois é do meu feitio instar com todos aqueles a quem escrevo que me deem uma opinião franca, e, crede-me, prefiro a crítica mais acerba de um só homem iluminado ao aplauso insensato da multidão.

Gostaria, entretanto que, possuidor de tão excelente inteligência, assumisse uma posição diversa. Com os vossos hábeis modos sigilos sublinhais, com o exemplo, a advertência de que deveríamos recuar perante a ignorância do mundo, e não deveríamos dos professores

ignorantes; a esse respeito seguis Platão e Pitágoras, os nossos verdadeiros mestres. Mas considerando que na nossa época, primeiro Copérnico, em imenso empreendimento, de modo que o movimento da Terra já não constitui nenhuma novidade, preferível seria que ajudássemos, com os nossos esforços, a empurrar para casa essa caruagem que já se movimenta [...] Não são apenas os italianos que se recusam a acreditar que se movem por nada sentirem; na Alemanha também não nos tornamos populares sustentando essas opiniões. Mas há argumentos que nos protegem em face de tais dificuldades [...] Comunicai-me, pelo menos em particular, se não desejais fazê-lo em público, o que descobristes em apoio a Copérnico [...].

KOESTLER, A. *Os sonâmbulos: história das concepções do homem sobre o Universo*. São Paulo: Ibrasa, 1961. p. 247-8.

Ao término da leitura, é interessante discutir com os alunos suas opiniões sobre as cartas. Perguntas gerais podem ajudar nesse sentido. É possível questionar qual era o problema vivido pelos cientistas, sua origem e motivação etc. Os alunos então podem discutir a posição dos cientistas em relação aos modelos geocêntrico e heliocêntrico e debater sobre os problemas com a Igreja.

O debate pós-leitura deve ficar em aberto. Seu objetivo é apenas explicitar a problemática do texto. Depois da discussão os alunos devem elaborar, individualmente, uma carta com sua síntese pessoal da discussão. Isso pode ser feito em casa ou na aula presencial.

REDAÇÃO ▶ Faça parte dessa discussão. Depois de ler as cartas trocadas entre Kepler e Galileu, escreva uma carta em que você apresenta suas próprias conjecturas sobre o sistema geocêntrico e o heliocêntrico. A carta deve ter no mínimo uma página e meia.

Aplicamos essa atividade em uma turma, bastante mista, de alunos da 2ª série do Ensino Médio. A turma era assim considerada, pois havia alunos com dificuldades severas de leitura e escrita, e outros com problemas de disciplina. Além disso, alguns estudantes tinham compromissos fora do contexto escolar, o que prejudicava seu rendimento em sala de aula.

A atividade foi realizada no terceiro bimestre, quando os alunos já estudavam, havia quase um mês, os conteúdos de Gravitação. Para que eles tivessem maior interesse nas aulas, introduzimos algumas discussões sobre a história da Ciência, trazendo episódios das ideias de Copérnico, Kepler e Galileu. Ao passo que as histórias iam ficando “mais interessantes”, como eles mesmos comentavam, os alunos começaram a se envolver com o conteúdo estudado. Alguns brincavam que no fim da aula gostariam de saber sobre “as cenas dos próximos capítulos”. Nesse sentido, as discussões sobre o contexto histórico foram essenciais para que os alunos conseguissem fazer a atividade, pois do contrário não teriam argumentos para escrever uma carta respondendo aos cientistas.

A atividade foi feita em duas aulas, separadas em um intervalo de um dia. A leitura foi feita individualmente, e, em grupos, discutiram se concordavam ou não com o modelo heliocêntrico e quais argumentos e contra-argumentos poderiam trazer. Orientamos os alunos que se colocassem no contexto da época, ou seja, que imaginassem estar vivendo aquele fervilhar de ideias. Assim, eles podiam ter uma opinião a favor de qualquer um dos dois modelos de Universo. Na aula seguinte, todos puderam conversar por mais algum tempo sobre as últimas questões que haviam ficado em aberto, para, então, escrever a narrativa.

O interessante, do ponto de vista dos conteúdos, foi que os alunos procuraram usar questões de observação para concordar ou discordar das ideias dos autores. Alguns, com menos dificuldades de escrita, utilizaram uma linguagem rebuscada para responder à carta. O mais interessante, no entanto, foi que os alunos realmente imaginaram que estavam na época e escreveram cartas que retratavam isso. Alguns alunos relataram que estavam sendo perseguidos por membros da Igreja, e outros, suas “próprias invenções” ou “observações que comprovavam o modelo heliocêntrico”. Alunos com problemas mais sérios de escrita tiveram dificuldades até mesmo de discutir do ponto de vista científico. Com esses, infelizmente, a atividade foi mais “sofrida”.

Em suma, esta atividade é interessante, pois leva os alunos a pensar muito sobre os conteúdos científicos para que possam argumentar nas cartas.



3.2 O Universo em *Os Lusíadas*

Como no caso anterior, nesta atividade são exploradas as visões de mundo associadas aos modelos geocêntrico e heliocêntrico de Universo. Dessa vez, os movimentos celestes estão no centro da atividade. Por meio das descrições feitas na obra *Os Lusíadas* será possível verificar como o Universo é representado. Em particular, o movimento aparente do Sol é importante na discussão.

Além da importância em relação à Astronomia e à Gravitação, esse tema nos remete às grandes navegações dos séculos XV e XVI e a todos os desafios que elas trouxeram aos homens dessa época. Assuntos como o medo de a Terra, por não ser redonda, acabar em um precipício, a possibilidade de se perder no mar, o perigo de monstros desconhecidos estão presentes no poema e nos permitem entrar em um imaginário pré-científico.

São discutidos aqui aspectos culturais e científicos da literatura de Camões a partir da obra *Os Lusíadas*, trazendo uma reflexão acerca do momento histórico da mudança de pensamento sobre a concepção de Universo provindo de obras como as de Giordano Bruno, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei, Johanes Kepler, entre outros.

Para isso, primeiramente é proposta a leitura de um trecho de *Os Lusíadas*. O trabalho com esse texto permite mostrar como discussões científicas entram fortemente no imaginário social de uma época. Por se tratar de um texto difícil, um exercício de interpretação é importante. Auxilie os alunos no uso do dicionário. Por fim, propõe-se que os próprios alunos se manifestem em relação às mudanças advindas da obra de Galileu. É importante que eles sejam incentivados a se expor com liberdade.

A leitura do texto pode ser coletiva devido à complexidade da linguagem dos versos (se possível, é interessante trabalhar em parceria com o docente de Língua Portuguesa). À medida que a leitura flua com os estudantes, podem ser feitas pequenas pausas para salientar os trechos que enfoquem as questões sobre a Ciência.

ATIVIDADE

Muitas vezes os conhecimentos desenvolvidos pela Ciência influenciam a literatura. Para ter um exemplo disso, leia um trecho do poema *Os Lusíadas*, de Luís Vaz de Camões, apresentado a seguir, e responda às questões propostas.

Os Lusíadas – Canto X

Luís Vaz de Camões

[...]

76

– “Faz-te mercê, barão, a Sapiência
Suprema de, cos olhos corporais,
Veres o que não pode a vã ciência
Dos errados e míseros mortais.
Segue-me firme e forte, com prudência,
Por este monte espesso, tu cos mais.”
Assim lhe diz e o guia por um mato
Árduo, difícil, duro a humano trato.

77

Não andam muito que no erguido cume
Se acharam, onde um campo se esmaltava
De esmeraldas, rubis, tais que presume
A vista que divino chão pisava.
Aqui um globo vem no ar, que o lume
Claríssimo por ele penetrava,
De modo que o seu centro está evidente,
Como a sua superfície, claramente.

78

Qual a matéria seja não se enxerga,
Mas enxerga-se bem que está composto
De vários orbes, que a Divina verga
Compôs, e um centro a todos só tem posto.
Volvendo, ora se abaxe, agora se erga,
Nunca se ergue ou se abaxa, e um mesmo rosto
Por toda a parte tem; e em toda a parte
Começa e acaba, enfim, por divina arte,

79

Uniforme, perfeito, em si sustido,
Qual, enfim, o Arquetipo que o criou.
Vendo o Gama este globo, comovido
De espanto e de desejo ali ficou.
Diz-lhe a Deusa: – O trasunto, reduzido

Em pequeno volume, aqui te dou
Do Mundo aos olhos teus, pera que vejas
Por onde vás e irás e o que desejas.

80

Vês aqui a grande máquina do Mundo,
Etérea e elemental, que fabricada
Assi foi do Saber, alto e profundo,
Que é sem princípio e meta limitada.
Quem cerca em derredor este rotundo
Globo e sua superfície tão limada,
É Deus: mas o que é Deus, ninguém o entende,
Que a tanto o engenho humano não se estende.

81

Este orbe que, primeiro, vai cercando
Os outros mais pequenos que em si tem,
Que está com luz tão clara radiando
Que a vista cega e a mente vil também,
Empíreo se nomeia, onde logrando
Puras almas estão daquele Bem
Tamanho, que Ele só se entende e alcança,
De quem não há no mundo semelhança.

[...]

CAMÕES, Luís de. *Os Lusíadas*. Porto: Porto Editora, 2011.

Após a leitura, os alunos podem apresentar seus comentários sobre alguns aspectos que indiquem qual pensamento científico (geocêntrico ou heliocêntrico) sobre os sistemas de mundo ele defende. Nesse momento, se o professor achar oportuno, pode-se comentar sobre o contexto da escrita do poema, associado ao momento das grandes navegações e do impacto do pensamento do livro de Galileu em toda a Europa.

Ao término da discussão, os alunos podem formar grupos para discutir as questões propostas. Nesse momento, é interessante que o professor passe pelos grupos e “colete” questionamentos para fazer uma análise final junto com os alunos. É importante destacar que a defesa de Camões pelo sistema geocêntrico não pode ser considerada ingênua, visto que, na época, as ideias da Terra no centro do Universo eram bastante difundidas pela Igreja Católica.

QUESTÕES

- 1) O poema de Camões traz nuances do pensamento sobre o Universo vigente em sua época. Indique a ideia defendida pelo autor e em que momento do poema isso fica explícito.
- 2) Leia o trecho do poema destacado abaixo:

Uniforme, perfeito, em si sustido,
Qual, enfim, o Arquetipo que o criou.
Vendo o Gama este globo, comovido
De espanto e de desejo ali ficou.

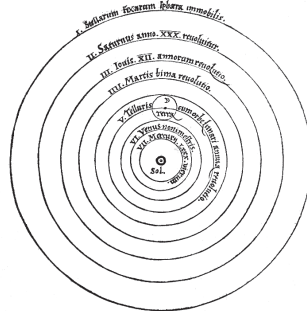
Nele, o autor deixa claro um pensamento da Igreja que vai contra o pensamento científico que começa a nascer no fim da Idade Antiga. Explique que pensamento foi esse defendido pela Igreja e que argumento católico foi utilizado mais tarde para perseguir pensadores contrários ao sistema ptolomaico.

- 3) No trecho destacado abaixo, Camões apresenta um argumento geocêntrico para atacar a ideia heliocêntrica de que a Terra não estaria no centro do Universo. Explique que argumento foi esse com base no verso citado.

Qual a matéria seja não se enxerga,
Mas enxerga-se bem que está composto
De vários orbes, que a Divina verga
Compôs, e um centro a todos só tem posto.
Volvendo, ora se abaxe, agora se erga,
Nunca s'ergue ou se abaxa, e um mesmo rosto
Por toda a parte tem; e em toda a parte
Começa e acaba, enfim, por divina arte,

- 4) Observando as duas figuras abaixo, indique a que pensamento científico elas pertencem. Indique também qual é o sistema copernicano e qual é o ptolomaico, e por que eles levam esses nomes.

Nicolau Copérnico. 1632.
Coleção particular



Peter Apian. 1539. Coleção particular.
Foto: Universal History Art/Age
Fotostock/Keystock

O pensamento de Camões é norteado pelo modelo geocêntrico de Universo. Isso pode ser verificado, por exemplo, na passagem: “Aqui um globo vem no ar, que o lume/ Claríssimo por ele penetrava,/ De modo que seu centro está evidente,/ Como a sua superfície, claramente”. Nesse trecho, o globo que lume representa o Sol, que ilumina o céu. Ele é descrito girando em relação à Terra, isto é, tendo-a em seu centro. Representar o Sol girando em torno da Terra é a base do pensamento geocêntrico.

A passagem apresentada na segunda questão representa uma visão religiosa que considera que o mundo e o homem foram criados com perfeição, à semelhança de Deus. O pensamento religioso dessa época ainda reforçava que o homem estaria no centro do Universo, estando assim em acordo com o modelo geocêntrico. Quando pensadores como Copérnico e Galileu propuseram que o Sol seria o centro de rotação dos planetas, isso feria a fé dos que consideravam o homem estar no centro do Universo um pressuposto importante para a visão da época a respeito de Deus.

Na terceira questão, o extrato indica que Camões utiliza o movimento dos corpos celestes vistos a olho nu como um argumento para que a Terra esteja parada. Esse movimento aparece quando ele afirma que os corpos ora se erguem, ora se abaixam.

As figuras da última questão representam o heliocentrismo e o geocentrismo, respectivamente.

Essa atividade foi aplicada para a 2ª série do Ensino Médio em uma turma de 34 alunos. Eram três aulas de Física por semana, com 45 minutos para cada aula. Em nenhum momento, os alunos sabiam que o autor defendia o modelo geocêntrico, o que deixou a atividade mais interessante. Como detetives, buscamos encontrar, juntos, indícios de frases ou versos inteiros que pudessem dar algumas dicas. Em alguns momentos, aproveitando as dicas do professor de Português, ressaltamos que Camões usava diversos sentidos para uma palavra. À medida que marcávamos alguns versos, discutíamos o sentido deles e sua relação com o modelo geocêntrico e o heliocêntrico.

Essa discussão e a análise inicial do texto foram importantes para que os alunos ficassem curiosos para encontrar/descobrir o que Camões estava tentando deixar como pista para eles. Os resultados, de modo geral, oscilaram entre geocêntrico, heliocêntrico e aqueles que não chegaram a uma conclusão.

Essa atividade não pode ser finalizada com a entrega das questões respondidas, pois é importante trazer uma visão mais concreta dos motivos que nos levam a reconhecer que Camões defendia o modelo geocêntrico e como ele o faz, de forma muito elegante, ao discutir o movimento dos corpos celestes vistos a olho nu.

Assim, desde o início os alunos sabiam que não existiam questões certas ou erradas e que a avaliação seria feita pela participação deles na aula. O interessante do resultado dessa atividade foi que alunos que geralmente são apáticos em relação aos conteúdos de Exatas participaram de forma efetiva nas discussões, trazendo seus conhecimentos sobre os conteúdos de Português para a disciplina de Física.

Uma possível complementação para desenvolver a habilidade de escrita dos alunos é pedir uma produção textual sobre a interpretação de uma poesia. Nesse momento, é importante que os alunos tenham sua criatividade estimulada. Para isso, sugerimos a proposta abaixo:

REDAÇÃO Em “Poema para Galileo”, António Gedeão faz uma homenagem ao pensamento e à vida do pensador italiano.

“[...]”

Teus olhos habituados à observação dos satélites e das estrelas,
desceram lá das suas alturas
e poisaram, como aves aturdidas – parece-me que estou a vê-las –,
nas faces grávidas daquelas reverendíssimas criaturas.

E tu foste dizendo a tudo que sim, que sim senhor, que era tudo tal
qual conforme suas eminências desejavam,
e dirias que o Sol era quadrado e a Lua pentagonal
e que os astros bailavam e entoavam
à meia-noite louvores à harmonia universal.

E juraste que nunca mais repetirias
nem a ti mesmo, na própria intimidade do teu pensamento, livre
e calma, aquelas abomináveis heresias
que ensinavas e descrevias
para eterna perdição da tua alma.

[...]”

GEDEÃO, António. Poema para Galileo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*,
São Paulo, v. 1, n. 1, p. 61-63, 1979.

Com base nesse trecho e nos seus estudos sobre Gravitação, escreva a importância das ideias de Galileu para o desenvolvimento do pensamento científico da Idade Moderna.

Use a imaginação! Você pode escrever na forma que achar mais interessante: um relato, uma peça de teatro, um *rap* ou o que achar melhor.



3.3 No ritmo da Física Quântica

Uma das teorias mais importantes de nosso tempo, elaborada no início do século XX, é a Física Quântica. Ela se tornou muito conhecida e passou a fazer parte do imaginário social por apresentar conceitos não intuitivos, que, para um olhar clássico, são contraditórios. Um dos mais conhecidos deles é a dualidade onda-partícula.

A possibilidade de pensar conceitos que fogem de uma lógica elementar é uma questão filosófica de grande importância. Ela nos leva a questionar se o conhecimento que elaboramos pode ser considerado verdadeiro ou real. Não seria tudo uma ilusão de nossos sentidos? A Ciência passa a ser vista como uma relação de construção e realidade. Essa problemática será trabalhada por meio de uma música que explora elementos da Física Quântica, entre eles, a dualidade onda-partícula.

Muitos conceitos utilizados em nosso dia a dia têm um referente concreto que demonstra sua existência. Quando dizemos cadeira, conhecemos o objeto que corresponde a essa palavra. Contudo, quando adentramos no mundo da Ciência, sobretudo da Física Contemporânea, esse mundo foge completamente à nossa percepção. Uma partícula nuclear como o próton é um bilhão de vezes menor que algo microscópico (isto é, que pode ser visto em um microscópio comum). Os conhecimentos da Ciência atual passaram por um longo processo de construção, que faz com que eles se tornem realidades em nosso pensamento.

O objetivo desta atividade é fazer os alunos entrarem nessa discussão de natureza filosófica por meio da música “Quanta”, de Gilberto Gil. O intuito aqui é fazer o aluno pensar na possibilidade de algo não ter uma existência bem definida, mas mesmo assim ser considerado um

conceito válido. No final, os alunos serão convidados a fazer suas próprias narrativas sobre o tema, de acordo com a música. Para tanto, é importante que os alunos já tenham sido apresentados, mesmo que brevemente, ao problema da dualidade onda-partícula.

ATIVIDADE

Caso seja possível, os alunos podem escutar a música “Quanta”, de Gilberto Gil, logo no início da aula. Em seguida, todos podem ler juntos a letra dessa música. Nesse momento, podem ser feitas anotações no texto com as dúvidas sobre termos pouco conhecidos, sejam científicos, sejam de linguagem comum. Ao término da leitura da música, o professor pode sugerir uma discussão coletiva sobre o sentido do título: “Quanta”. A que ele se refere? Essa discussão pode levantar elementos para as composições que os alunos deverão fazer.

Os alunos podem reler a música, destacando agora trechos que consideram associados aos conteúdos de Física Moderna. Se for conveniente, pode-se ressaltar alguns versos relativos aos conteúdos de Física Moderna, para que os estudantes se sintam mais seguros durante a escrita da atividade. Nesse momento, eles devem responder à pergunta que se refere à dualidade onda-partícula. É interessante também explorar um pouco mais esse conceito discutindo o porquê de ele ter causado uma grande discussão no início do século XX (isto é, o porquê de ele ter rompido com a Física Clássica) e de ter inspirado muitas discussões filosóficas.

QUESTÃO Em determinado trecho da música, Gilberto Gil faz menção a um importante conceito da Física. Com base em suas aulas anteriores, indique que trecho é esse e qual o conceito abordado.

A expressão *quantum*, na letra da canção, remete ao conceito da quantização de energia, ou seja, a energia não pode assumir qualquer valor, mas somente determinados valores. Daí dizer estados discretos de energia.

Na parte final, os alunos devem refletir sobre o processo de criação na Ciência. É interessante que eles percebam que por mais que a Ciência busque descrever a realidade e que tenha bons critérios para isso, ela não deixa de ser fruto de nossa imaginação. Os extratos da música indicados abaixo expõem claramente essa questão.

QUESTÃO

Leia os seguintes versos:

[...]
 Quando quase não há
 Quantidade que se medir
 Qualidade que se expressar
 Fragmento infinitésimo
 Quase que apenas mental
 [...]
 De pensamento em chamas
 Inspiração
 Arte de criar o saber
 Arte, descoberta, invenção
 Teoria em grego quer dizer
 O ser em contemplação
 [...]

GIL, Gilberto. Quanta. Intérprete: Gilberto Gil. In: GIL, Gilberto. *Quanta*. Rio de Janeiro: Warner Music, p1997.1 CD. Faixa 1. © Gegê Edições Musicais Ltda.

A partir dos versos transcritos, como você descreveria o trabalho científico? Como os conceitos são elaborados?

Você concorda com a visão apresentada na música?

A música demonstra que o conhecimento é construído a partir do uso da imaginação. Esse elemento é importante na Física Moderna, pois, nesse domínio, lidamos com entidades inobserváveis. Por isso, o autor diz que, quando não há mais quantidade a medir, há a arte de criar. A segunda resposta é pessoal, mas o professor pode fazer os alunos perceberem que a Ciência é parte de uma construção.

A dimensão criativa é importante por permitir que os cientistas compreendam o mundo “além das aparências”. O curioso na Ciência é que para compreender uma realidade mais profunda é preciso superar uma realidade mais imediata. Discutir essas ideias com os alunos é interessante por apresentar um pouco da natureza do conhecimento.

Por fim, os estudantes devem elaborar seu ponto de vista sobre toda essa discussão, por meio de uma música, poema ou algo semelhante imaginado por ele.

MÚSICA Que tal você propor agora um samba, um *rap*, um *rock*, um poema ou qualquer outra manifestação cultural para falar um pouco sobre a Física Moderna?

Essa atividade foi feita com uma turma da 3ª série do Ensino Médio. Durante dois meses, os alunos haviam tido aulas de Física Moderna em que foram abordados a radiação do corpo negro, a quantização da energia, o efeito fotoelétrico e a dualidade onda-partícula da luz. Essas aulas estavam no planejamento da escola e, portanto, a inserção da atividade não se deu em um contexto excepcional.

O fato de terem estudado o tema é muito importante, pois os alunos conseguem reconhecer o que estudaram ao ouvir a música. Inicialmente eles ouviram a música e logo relacionaram o título com os *quanta* de energia. No caso de haver pouco tempo para desenvolver o trabalho, sugerimos optar por uma discussão mais ampla, com a sala toda.

Para que os mais tímidos participassem, as perguntas foram direcionadas: “O que você acha, X?” ou “Será que a ideia de Y tem sentido para o que a gente estudou, Z?”. Assim, garantimos uma maior participação de todos. Nessa discussão tipo plenária, o professor pode fazer a moderação dando mais ênfase aos apontamentos dos alunos que ajudam a chegar ao resultado esperado.

Realizamos uma discussão “filosófica” bastante interessante. Um aluno associou o problema da realidade que havia sido levantado com o filme *Matrix*. E então todos os outros passaram a discutir se mesmo suas ideias mais simples não são também fruto da imaginação.



3.4 Imagens do tempo

A Teoria da Relatividade é bastante conhecida, sobretudo pela figura de seu criador, Albert Einstein. No âmbito da Física, um dos motivos que a faz importante é ter reelaborado de maneira profunda conceitos até então considerados “primitivos” ou “naturais”, o espaço e o tempo. Contrariando a Mecânica Clássica, essas ideias foram fundidas em uma só, o espaço-tempo. O mais interessante foi tornar ambos relativos, quando verificados separadamente. Assim, dois observadores podem discordar sobre o tempo transcorrido de um evento a outro.

Nesta atividade, por meio de um texto criado por Alexandre Bagdonas (uma “entrevista” com Newton e Einstein), buscamos inicialmente apresentar um olhar amplo sobre o problema da dilatação temporal, mostrando que a nova concepção de tempo apresentada pela Teoria da Relatividade não é apenas um rompimento com o senso comum, mas sobretudo uma ruptura com a própria forma com que a Física Clássica buscou conceituar essa ideia. Isso nos permite descrever um quadro em que ficam claras três formas de pensar o tempo, o *tempo subjetivo* ou do senso comum, o *tempo absoluto* de Newton e o *tempo relativo* de Einstein. Buscamos ainda indicar os princípios que estão na base da formulação da Teoria da Relatividade. Em especial, buscamos indicar que a constância da velocidade da luz é o mais importante fundamento para que seja possível compreender como o tempo dilata.

A aula começa com a proposta de leitura coletiva da primeira parte do texto que trata da visão de Newton sobre o tempo. A leitura pode ser organizada em grupos ou feita individualmente. Em seguida, o professor deve tirar as dúvidas dos alunos, chamando a atenção para os conceitos de tempo relativo e tempo absoluto para Newton e destacando a diferença entre o tempo psicológico, cotidiano, percebido pelos sentidos, e o tempo físico, absoluto, medido com o relógio.

É realizada então a leitura coletiva da segunda parte do texto, que trata da visão de Einstein sobre o tempo. Novamente, a leitura pode ser organizada em grupos ou feita individualmente. Depois disso, o professor deve tirar as dúvidas dos alunos, chamando a atenção para os conceitos

de tempo relativo e tempo absoluto para Einstein. É importante tomar cuidado para não responder à primeira questão proposta, que trata da diferença das visões de tempo para Einstein e Newton.

Por fim, a proposta prevê a produção de um texto sobre o que é o tempo com base na interpretação de dois quadros.

ATIVIDADE

Leia abaixo a entrevista realizada pelo jornalista João da Silva.

Einstein e Newton conversam com o jornalista João da Silva sobre o tempo

Vamos entrevistar dois ilustres físicos que realizaram estudos sobre o tempo: Isaac Newton e Albert Einstein.

O primeiro deles, Isaac Newton, publicou em 1687 o livro Philosophiae Naturalis Principia Matemática, uma das obras mais importantes da história da Física.

João da Silva: Caro Newton, em sua obra *Principia*, você escreveu que o tempo é absoluto. Poderia nos explicar melhor o que é o tempo para você?

Newton: Tempo, espaço, lugar e movimento são palavras conhecidas por todos. Porém, na linguagem cotidiana costumamos relacionar esses conceitos com o que percebemos através dos sentidos. Por isso, surgem noções que devemos evitar se quisermos pensar cientificamente. Para tanto, precisamos distinguir o absoluto do relativo, o verdadeiro do aparente e o conhecimento matemático do conhecimento cotidiano.

João da Silva: Então, você diz que o tempo de verdade não é o tempo que sentimos?

Newton: Sim, isso mesmo. Para quem não gosta de Física, a aula parece muito demorada. Mas, quando as questões fazem sentido e entendemos o problema a ser investigado, o tempo parece passar bem mais rápido. Todo mundo já passou por uma sensação parecida, mas essa é somente uma percepção subjetiva do tempo.

Já o tempo absoluto, verdadeiro e matemático não tem relação com nada externo, flui de forma uniforme. Independentemente de como

o percebemos, sua passagem segue sempre o mesmo ritmo. É muito comum confundirmos essas duas formas de tempo ao falarmos do tempo relativo no lugar do tempo verdadeiro.

João da Silva: E como podemos conhecer esse tempo verdadeiro?

Newton: Por meio do movimento de um objeto material, tem-se uma estimativa do *tempo absoluto*. Nesse caso, qualquer fenômeno físico que se repita periodicamente, independentemente de nossa vontade, pode ser usado como *relógio*: oscilação de um pêndulo, passagem da areia do compartimento superior para o inferior em uma ampulheta, rotação diária da Terra, translação anual terrestre, entre outros. Quanto mais precisa for essa regularidade e sua correspondente medição, melhor será o relógio e mais próximo do tempo absoluto estará o valor medido.

Meu amigo Huygens se preocupou muito com a construção de relógios que medissem o tempo independentemente de nossa percepção comum. Ele tinha muita razão em perceber que esses instrumentos são a base das melhores teorias físicas que abordam a natureza do tempo.

A visão do tempo proposta por Newton foi dominante na comunidade científica até o começo do século XX. Até que, com a Teoria da Relatividade restrita, surgiu uma nova forma de ver o tempo, alterando profundamente o que havia sido proposto por Newton.

Para entendê-la melhor, conversamos com Albert Einstein, um dos mais importantes físicos do século XX.

João da Silva: Caro Einstein, o que você tem a dizer sobre a proposta de Newton, de que o tempo é absoluto?

Einstein: Gostaria que Newton me perdoasse, mas acho que ele está errado. A via que ele abriu era talvez a única possível, à época, para um homem dotado do mais alto raciocínio e poder criativo. Os conceitos que criou ainda hoje orientam o nosso pensamento na Física, embora saibamos que devam ser reformulados.

Eu percebi que se adotarmos o princípio de que a velocidade da luz é sempre a mesma ($c = 300\,000\text{ km/s}$), medida por qualquer observador, então a noção de tempo absoluto precisa ser abandonada.

João da Silva: E como seria então essa nova visão sobre o tempo?

Einstein: Na Teoria da Relatividade, medidas de tempo são *relativas*, ou seja, dependem do estado de movimento de cada observador.

Quando dois observadores, que estão se movendo um em relação ao outro, comparam suas medidas de tempo entre dois eventos, eles podem encontrar valores diferentes.

João da Silva: Então o tempo pode passar de forma diferente para duas pessoas?

Einstein: Sim! Um relógio pode se atrasar em relação a outro dependendo de seu movimento. No entanto, esses efeitos só são notados e medidos por um observador que não esteja se movendo junto com o objeto ou com o relógio. Um observador que se desloque com o objeto ou o relógio não vai notar nenhuma mudança nele porque compartilha do mesmo referencial, isto é, está no mesmo estado de movimento que ele. Esses efeitos dependem do observador e por isso não são absolutos, mas sim relativos a eles.

João da Silva: Isso é muito estranho! De onde você tirou essa conclusão?

Einstein: A Teoria da Relatividade surgiu a partir de estudos sobre a luz, sobre a eletricidade e sobre o magnetismo. Esses estudos não foram feitos só por mim, mas por diversos outros cientistas, como Lorentz e Poincaré.

Como afirmei antes, a velocidade da luz é constante. Para entendermos por que o tempo passa diferentemente para duas pessoas com movimentos distintos, podemos analisar como um instrumento muito especial reage a esses movimentos. O aparelho é o relógio de luz, mas esse assunto eu deixo para explorar outra hora!

Depois da discussão prévia do texto, os alunos devem responder individualmente ou em pequenos grupos às duas questões propostas.

QUESTÕES

- 1) A ideia de tempo relativo é a mesma para Einstein e para Newton? Justifique sua resposta com base no texto.
- 2) Podemos afirmar que para Einstein tudo é relativo? Discuta com base nas afirmações feitas por ele no texto.

Nessas questões, é importante que os alunos percebam que Newton associa o tempo relativo à percepção cotidiana, subjetiva. Já Einstein

afirma que o tempo físico, independente de nossa percepção, é relativo. Segundo sua teoria, os intervalos de espaço e tempo são relativos, mas os eventos são absolutos. Todos os alunos devem discutir sobre as respostas encontradas por cada grupo.

Na primeira questão, é importante chamar a atenção para o significado de tempo relativo em Newton e Einstein. O tempo relativo para Newton não é o mesmo que para Einstein. Quando Newton se refere ao tempo relativo, ele está falando do tempo subjetivo ou cotidiano. Quando Einstein fala do tempo relativo, é o próprio tempo físico, independente dos sujeitos, que pode ser diferente para dois referenciais.

Na segunda questão, é importante perceber que a Teoria da Relatividade não afirma que tudo é relativo. Pelo contrário, seu principal fundamento considera que a velocidade da luz é constante, o que significa que seu valor é o mesmo independentemente da velocidade do referencial que a emite (por exemplo, uma lanterna parada e outra em movimento emitem luzes que se propagam exatamente com a mesma velocidade). Nessa etapa da aula, além de destacar a importância da luz na Teoria da Relatividade, pode-se indicar aos alunos que, nas aulas seguintes, ela será a chave para a descrição de como o tempo dilata.

Esta atividade prevê ainda um momento extraclasse no qual os estudantes devem fazer uma síntese final de todas as discussões realizadas sobre o tema. Essa síntese tem o significado de uma avaliação formativa, isto é, deve ser pensada como diagnóstico da compreensão dos alunos até o momento, mas não como avaliação para atribuição de uma nota final.

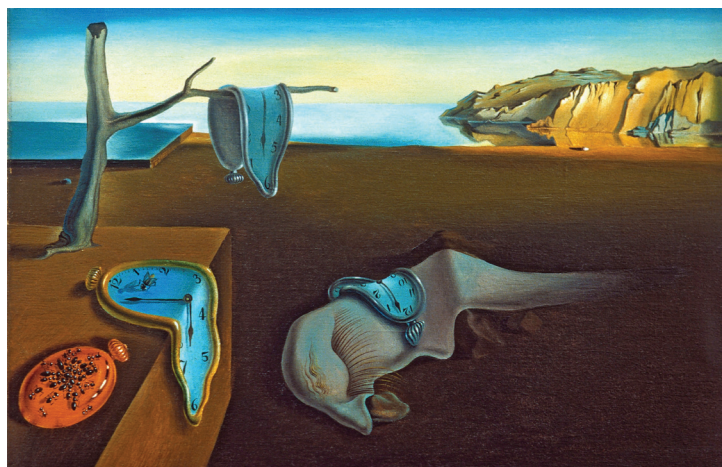
Nessa síntese, os alunos devem escrever um texto autoral, privilegiando sua forma atual de pensar e se expressando com suas próprias palavras. O trabalho individual permite que cada aluno estruture suas ideias e apresente sua visão estabelecida até o momento. O texto deve abordar o que é o tempo baseado na interpretação de dois quadros.

Uma sugestão para que os alunos se sintam à vontade com a escrita é que eles escrevam o texto como se estivessem explicando o que é tempo, de acordo com o discutido no curso, para um colega novo, que acabou de entrar na turma. Os alunos devem ter claro esse duplo compromisso, que é escrever um texto pautado no que foi discutido nas aulas, mas que é, ao mesmo tempo, um exercício pessoal.

REDAÇÃO Nesse momento, você deve ter percebido a existência de mais de uma forma de compreendermos o tempo. Agora é o momento de você expressar o que tem pensado sobre tudo isso. Compare as duas imagens de relógios abaixo e responda: como você as interpreta com base no que foi discutido?



Retrato do grão-duque da Toscana, Cosmo I de Medici.



A persistência da memória, de Salvador Dalí.

Redija um pequeno texto no qual você explique o que é o tempo com base nessas imagens. Escreva o texto imaginando que há um aluno novo na turma e você foi encarregado de explicar a ele o que foi discutido até agora. O único material que ele recebeu foram essas duas imagens e com base nelas você deve elaborar suas ideias.

Quando aplicamos a atividade, o início foi um pouco caótico. Solicitamos que os alunos lessem o texto individualmente, mas o resultado foi que em pouco tempo todos já estavam “fazendo alguma outra coisa”. Ao questioná-los sobre sua atitude, eles disseram que tinham achado o texto muito complicado. Essa situação nos levou a propor uma leitura coletiva e pedimos para que um aluno se voluntariasse a ser Newton. Eles gostaram da ideia e se animaram. Outro aluno pediu para ser o jornalista e, então, eles começaram a ler o texto em voz alta.

A leitura do texto transcorreu bem, embora tenha levado bastante tempo. Quase a cada frase um aluno perguntava algo ou abríamos um “parêntese” para esclarecer algum ponto. Depois da entrevista com Newton, logo partimos para a entrevista com Einstein. Novamente houve alvoroço para saber quem “interpretaria” o cientista. Escolhido um aluno, retomamos a leitura no mesmo ritmo da anterior.

Houve bastante confusão sobre o que significava tempo relativo para Newton e para Einstein. O fato de os cientistas usarem a mesma palavra apesar de expressarem conceitos diferentes trouxe muito problema. Para resolver isso, propusemos que se fizesse uma tabela na lousa indicando as três formas de pensarmos o tempo: o tempo subjetivo/psicológico, o tempo absoluto da Física Clássica e o tempo relativo da Física Moderna. Depois de uma pequena explicação de cada um deles, pedimos que indicassem a qual deles Newton ou Einstein estavam se referindo ao longo de suas entrevistas.

Os alunos perguntaram por que a linguagem era tão difícil, sobretudo na parte de Newton. Nesse momento, foi importante esclarecer a origem do texto: apesar de a entrevista não ser verdadeira, ela havia sido montada com base nos textos originais dos autores. Isso deixou os alunos interessados.

A redação do texto foi cobrada como atividade para casa. Embora alguns não a tenham entregado, mesmo valendo nota, a maioria fez com bastante criatividade. Alguns começaram a imaginar viagens no tempo, o que vai além do discutido em sala de aula.



3.5 Os espelhos de Guimarães Rosa e Machado de Assis

A formação de imagens é um tema importante em Óptica que normalmente é tratado por meio dos instrumentos. Mesmo que seja interessante tratar de aparelhos como a máquina fotográfica, isso lhe confere um alto grau de formalismo e tecnicidade. Consideramos outra alternativa, pois a formação de imagens está associada à questão de como vemos o mundo. Assim, buscaremos abordar a questão das imagens de uma perspectiva filosófica.

Para complementar uma discussão técnica sobre a formação de imagens em Óptica, o objetivo desta atividade é trazer, por meio da literatura, uma discussão filosófica sobre o assunto. O enfoque será dado por meio de questões sobre o que nós vemos e, principalmente, como nós nos vemos. Para pensar sobre essas questões os alunos farão inicialmente uma análise formal do texto para, em seguida, refletir de forma mais livre sobre a relação entre imagem e realidade.

Esta atividade costuma ser feita em grupo, pois possibilita aos estudantes um debate mais rico. Pode-se, assim, dividir os alunos em grupos de quatro ou cinco integrantes.

É importante que os alunos tenham feito a leitura dos contos antes da atividade. Por isso, o texto deve ser entregue na aula anterior. Outra sugestão é que esta atividade seja feita em parceria com o professor de Língua Portuguesa ou Literatura, para que as questões que envolvem tais temas sejam trabalhadas também na outra aula. Além da riqueza da discussão, o tempo é mais bem aproveitado dessa forma.

A discussão dos contos é fomentada por um questionário e por um debate que abrange questões filosóficas.

ATIVIDADE

O início da atividade é a leitura de dois contos, ambos denominados *O espelho*. Um deles foi escrito por Machado de Assis e publicado em 1882 em sua obra *Papéis avulsos*. O outro é de autoria de Guimarães Rosa e foi publicado em 1962 no livro *Primeiras estórias*. Começemos

pelo extrato do conto de Rosa, que é considerado uma “resposta” a Machado. Sugerimos porém que a leitura dos alunos seja feita com o texto integral.

O espelho

Guimarães Rosa

– Se quer seguir-me, narro-lhe; não uma aventura, mas experiência, a que me induziram, alternadamente, séries de raciocínios e intuições. Tomou-me tempo, desânimos, esforços. Dela me prezo, sem vangloriar-me. Surpreendo-me, porém, um tanto à parte de todos, penetrando conhecimento que os outros ainda ignoram. O senhor, por exemplo, que sabe e estuda, suponho nem tenha ideia do que seja na verdade – um espelho? Demais, decerto, das noções de física, com que se familiarizou, as leis da óptica. Reporto-me ao transcendente. Tudo, aliás, é a ponta de um mistério. Inclusive, os fatos. Ou a ausência deles. Duvida? Quando nada acontece, há um milagre que não estamos vendo.

Fixemo-nos no concreto. O espelho, são muitos, captando-lhe as feições; todos refletem-lhe o rosto, e o senhor crê-se com aspecto próprio e praticamente imudado, do qual lhe dão imagem fiel. Mas – que espelho? Há-os “bons” e “maus”, os que favorecem e os que detraem; e os que são apenas honestos, pois não. E onde situar o nível e ponto dessa honestidade ou fidedignidade? Como é que o senhor, eu, os restantes próximos, somos, no visível? O senhor dirá: as fotografias o comprovam. Respondo: que, além de prevalecerem para as lentes das máquinas objeções análogas, seus resultados apoiam antes que desmentem a minha tese, tanto revelam superporem-se aos dados iconográficos os índices do misterioso. Ainda que tirados de imediato um após outro, os retratos sempre serão entre si muito diferentes. Se nunca atentou nisso, é porque vivemos, de modo incorrigível, distraídos das coisas mais importantes. E as máscaras, moldadas nos rostos? Valem, *grosso modo*, para o falquejo das formas, não para o explodir da expressão, o dinamismo fisionômico. Não se esqueça, é de fenômenos sutis que estamos tratando.

Resta-lhe argumento: qualquer pessoa pode, a um tempo, ver o rosto de outra e sua reflexão no espelho. Sem sofisma, refuto-o.

O experimento, por sinal ainda não realizado com rigor, careceria de valor científico, em vista das irreduzíveis deformações, de ordem psicológica. Tente, aliás, fazê-lo, e terá notáveis surpresas. Além de que a simultaneidade torna-se impossível, no fluir de valores instantâneos. Ah, o tempo é o mágico de todas as traições... E os próprios olhos, de cada um de nós, padecem viciação de origem, defeitos com que cresceram e a que se afizeram, mais e mais. Por começo, a criancinha vê os objetos invertidos, daí seu desajeitado tatear; só a pouco e pouco é que consegue retificar, sobre a postura dos volumes externos, uma precária visão. Subsistem, porém, outras pechas, e mais graves. Os olhos, por enquanto, são a porta do engano; duvide deles, dos seus, não de mim. Ah, meu amigo, a espécie humana peleja para impor ao latejante mundo um pouco de rotina e lógica, mas algo ou alguém de tudo faz frincha para rir-se da gente... E então?

Note que meus reparos limitam-se ao capítulo dos espelhos planos, de uso comum. E os demais – côncavos, convexos, parabólicos – além da possibilidade de outros, não descobertos, apenas, ainda? Um espelho, por exemplo, tetra ou quadridimensional? Parece-me não absurda, a hipótese. Matemáticos especializados, depois de mental adestramento, vieram a construir objetos a quatro dimensões, para isso utilizando pequenos cubos, de várias cores, como esses com que os meninos brincam. Duvida?

Vejo que começa a descontar um pouco de sua inicial desconfiança, quanto ao meu são juízo. Fiquemos, porém, no terra a terra. Rimonos, nas barracas de diversões, daqueles caricatos espelhos, que nos reduzem a monstrenhos, esticados ou globosos. Mas, se só usamos os planos – e nas curvas de um bule tem-se sofrível espelho convexo, e numa colher brunida um côncavo razoável – deve-se a que primeiro a humanidade mirou-se nas superfícies de água quieta, lagoas, lameiros, fontes, delas aprendendo a fazer tais utensílios de metal ou cristal. Tirésias, contudo, já havia predito ao belo Narciso que ele viveria apenas enquanto a si mesmo não se visse... Sim, são para se ter medo, os espelhos.”

[...]

QUESTÕES

- 1) Com base nas noções da Física e nas leis da Óptica, discuta o que é um espelho. Por que outras superfícies que refletem a luz (como uma parede branca) não formam imagens?
- 2) Entre os diferentes espelhos – côncavos, planos e convexos –, quais são considerados, como diria Guimarães Rosa, “honestos”, ou seja, quais refletem imagens fiéis dos objetos?
- 3) Rosa afirma que a criancinha vê os objetos invertidos. Por que isso ocorre? E nós, por que não os vemos invertidos?
- 4) Qual é a opinião do personagem desse conto sobre os espelhos? Você concorda com ele?

Os alunos devem responder a essas perguntas levando em conta que o espelho é uma superfície polida que, diferentemente de outros casos, não reflete a luz de forma difusa. A reflexão regular ou especular garante a nitidez da imagem. O autor considera os espelhos planos “honestos” por não deformarem a imagem refletida em relação ao objeto.

Com relação à observação das imagens invertidas, essa é característica da imagem formada na retina, invertida em relação ao objeto. O mundo não se apresenta “de ponta-cabeça”, pois o cérebro inverte a imagem. O comentário de Rosa se refere à necessidade de o cérebro precisar aprender a inverter a imagem.

O espelho

Machado de Assis

[...]

– Nem conjectura, nem opinião, redarguiu ele; uma ou outra pode dar lugar a dissentimento, e, como sabem, eu não discuto. Mas, se querem ouvir-me calados, posso contar-lhes um caso de minha vida, em que ressalta a mais clara demonstração acerca da matéria de que se trata. Em primeiro lugar, não há uma só alma, há duas...

– Duas?

– Nada menos de duas almas. Cada criatura humana traz duas almas consigo: uma que olha de dentro para fora, outra que olha de fora para dentro... Espantem-se à vontade, podem ficar de boca

aberta, dar de ombros, tudo; não admito réplica. Se me replicarem, acabo o charuto e vou dormir. A alma exterior pode ser um espírito, um fluido, um homem, muitos homens, um objeto, uma operação. Há casos, por exemplo, em que um simples botão de camisa é a alma exterior de uma pessoa; – e assim também a polca, o voltarete, um livro, uma máquina, um par de botas, uma cavatina, um tambor, etc. Está claro que o ofício dessa segunda alma é transmitir a vida, como a primeira; as duas completam o homem, que é, metafisicamente falando, uma laranja. Quem perde uma das metades, perde naturalmente metade da existência; e casos há, não raros, em que a perda da alma exterior implica a da existência inteira. Shylock, por exemplo. A alma exterior daquele judeu eram os seus ducados; perdê-los equivalia a morrer. “Nunca mais verei o meu ouro, diz ele a Tubal; é um punhal que me enterras no coração.” Vejam bem esta frase; a perda dos ducados, alma exterior, era a morte para ele. Agora, é preciso saber que a alma exterior não é sempre a mesma...

– Não?

– Não, senhor; muda de natureza e de estado. Não aludo a certas almas absorventes, como a pátria, com a qual disse o Camões que morria, e o poder, que foi a alma exterior de César e de Cromwell. São almas enérgicas e exclusivas; mas há outras, embora enérgicas, de natureza mudável. Há cavalheiros, por exemplo, cuja alma exterior, nos primeiros anos, foi um chocalho ou um cavalinho de pau, e mais tarde uma provedoria de irmandade, suponhamos. Pela minha parte, conheço uma senhora, – na verdade, gentilíssima, – que muda de alma exterior cinco, seis vezes por ano. Durante a estação lírica é a ópera; cessando a estação, a alma exterior substitui-se por outra: um concerto, um baile do Cassino, a rua do Ouvidor, Petrópolis...

– Perdão; essa senhora quem é?

– Essa senhora é parenta do diabo, e tem o mesmo nome; chama-se Legião... E assim outros mais casos. Eu mesmo tenho experimentado dessas trocas. Não as relato, porque iria longe; restrinjo-me ao episódio de que lhes falei. Um episódio dos meus vinte e cinco anos...

[...]

QUESTÕES

- 5) O autor cita duas maneiras diferentes de observar a alma: uma que olha de dentro para fora, outra que olha de fora para dentro. Defina, a partir dos conceitos da Física, quais são a imagem real e a virtual para essas duas definições.
- 6) Considerando que a alma, segundo o narrador, pode ser o reflexo do espelho. Que maneira física você utilizaria para multiplicar a “alma humana”? Com esse artifício você poderia adquirir infinitas almas?
- 7) De acordo com cada um dos contos, devemos acreditar no que vemos em um espelho ou não?
- 8) Para os autores, o que seria mais verdadeiro: a imagem real de um espelho ou o que ele não mostra?
- 9) Leia as duas frases a seguir:

“[...] Quando nada acontece, há um milagre que não estamos vendo. [...] Os olhos, por enquanto, são a porta do engano; duvide deles, dos seus, não de mim.”

(Guimarães Rosa)

“[...] Os fatos explicarão melhor os sentimentos: os fatos são tudo.”

(Machado de Assis)

Considerando os fragmentos acima, retirados dos mesmos contos aqui analisados, é possível afirmar que existe uma incoerência entre os textos de Machado e de Rosa. A partir da leitura realizada pelo grupo, apresente uma relação possível entre essas ideias, apresentando pontos de contato e/ou de discordância.

Nessas questões, espera-se que os alunos relacionem o “fora” e o “dentro” com os espelhos. Assim, uma imagem formada “fora do espelho”, como no caso de alguns espelhos côncavos, é uma imagem real. Já as imagens “dentro” do espelho são imagens virtuais. A multiplicação das imagens pode ser obtida pela associação de dois espelhos, que, ao serem colocados formando um ângulo entre si, determinado número de imagens se forma. No limite em que estão um de frente para outro, há a formação de infinitas imagens.

Em ambos os contos, os autores questionam a natureza do que vemos nos espelhos. As duas últimas questões devem ser colocadas como debate durante os contos e como uma questão aberta para os alunos. Não existe resposta única, o importante é que os alunos desenvolvam sua argumentação em relação aos autores.

Após a leitura dos textos, os alunos podem ler as questões e debater com o grupo as possíveis respostas. É importante destacar que não há respostas exatas e acabadas para as questões, de certa forma, elas envolvem uma discussão filosófica. Se for conveniente, os alunos podem recorrer a livros e anotações no caderno sobre os conteúdos de Óptica.

Para concluir a atividade, é interessante que se proponha um debate mais abrangente sobre as questões filosóficas do texto e sobre algumas das respostas da Ciência para isso. Sugerimos que alguns grupos leiam suas respostas para que a sala discuta. Durante essa leitura, quando necessário, o professor pode fazer as correções sobre o conteúdo científico. Nesse momento final, a discussão permite o levantamento de ideias para que os alunos elaborem os contos. A proposta de redação é apresentada a seguir.

REDAÇÃO Vejam o quadro ao lado, *A reprodução proibida* (1937), de René Magritte. Inspirado nele e nos textos de Guimarães Rosa e Machado de Assis, reflita e discuta o tipo de imagem que você gostaria que um espelho mostrasse. Justifique sua resposta com um texto de no mínimo meia página.



René Magritte, 1937. Óleo sobre tela. Coleção particular. Foto: Peter Horree/Alamy/Otherimages

Esta atividade foi feita junto com a professora de Língua Portuguesa, para uma turma da 3ª série do Ensino Médio. Eram alunos, em geral, muito interessados e portanto uma turma de fácil acesso. Logo, a proposta

que fizemos não teve resistência dos alunos. Essa atividade foi feita em um contexto bem peculiar: a professora já havia trabalhado o movimento literário modernista e, portanto, os alunos tinham visto Guimarães Rosa pouco tempo antes. Para nossa surpresa, eles estavam curiosos para saber sobre o que poderia ser uma atividade envolvendo Física e Português.

Como os conteúdos de Óptica tinham terminado, os alunos já tinham discutido e feito diversos exercícios sobre o tema. Também discutimos sobre a Óptica da visão e os processos de decodificação da imagem pelo cérebro. Por isso, a questão que se referia à inversão da imagem não foi um problema, apesar da dificuldade de alguns alunos para responder a isso.

Depois que os grupos apresentaram suas respostas, fizemos a correção em duas etapas: primeiro, verificando as questões de Física nos argumentos utilizados, e não somente nas respostas dadas; em seguida, a professora de Língua Portuguesa fez a correção com base na gramática e também na articulação das ideias.

A atividade foi entregue corrigida para os alunos e fizemos, cada professor na sua aula, um comentário sobre alguns erros conceituais encontrados, alguns argumentos equivocados, entre outras observações. A resposta dos alunos à atividade foi bem interessante. Inicialmente eles não conheciam o conto de Guimarães Rosa, apenas o de Machado de Assis, e ficaram surpresos ao perceber que os conhecimentos da Física ajudaram a compreender um texto de Literatura.



3.6 A greve dos elétrons

As cargas elétricas são responsáveis pelos mais diferentes efeitos eletromagnéticos e ópticos. Como seu estudo é fragmentado na escola básica, raramente o aluno tem a oportunidade de ter clareza conceitual da natureza de uma carga elétrica como o elétron e de seus efeitos. Esta atividade busca fazer um panorama dos efeitos provocados por uma carga de modo que os alunos reconheçam seu papel em diversos fenômenos cotidianos.

Muitas vezes passamos meses ensinando determinado conceito e os alunos não conseguem reconhecê-lo em seu dia a dia. O mundo em que eles vivem parece não ser formado de átomos e moléculas; não percebem seu potencial explicativo em eventos cotidianos.

O objetivo desta atividade é fazer com que os alunos percebam a dimensão ontológica do conceito de carga por meio do exemplo do elétron. Para isso, eles devem reconhecer a presença dessa carga em diferentes fenômenos. O trabalho será feito por meio da construção de uma história, na qual será contado o dia em que os elétrons entraram em greve.

Para que os alunos façam uma síntese do conceito de carga elétrica (é importante que antes dessa aula eles já tenham sido introduzidos a esse conceito), na primeira parte o professor pode ler o texto “Entrevista com o elétron” junto com os alunos. Dessa forma, será mais fácil perceber as dificuldades deles com relação ao texto.

Na história, criada por Maurício Pietrocola, o elétron relata os principais efeitos que provoca e explica os principais fenômenos de que participa. Os alunos devem perceber que efeitos muito diferentes entre si têm a existência da carga elétrica como base.

Se os alunos continuarem a apresentar dificuldades, eles podem buscar mais informações em seu livro didático ou em outros materiais disponíveis.

Por fim, eles deverão escrever o texto imaginando o dia em que os elétrons entraram em greve. O professor deve estar atento a esta atividade, para evitar que os alunos simplesmente digam que isso é impossível e que, se acontecesse, eles estariam mortos.

ATIVIDADE

Depois de ler o texto a seguir, liste os principais efeitos provocados pelo elétron.

Entrevista com o elétron

Você já deve ter notado estalos ao tirar uma malha de lã no inverno. Se observar alguém fazendo isso num quarto escuro perceberá, além do barulho, pequenas faíscas. Esses estalos também aparecem no contato com uma tela de televisão, logo após seu desligamento. Essas ocorrências são formas de manifestação da eletricidade. Além delas, os *choques elétricos* são acidentes possíveis no dia a dia. Você já deve ter levado alguns choques na vida. Isso

é comum em chuveiros mal isolados, mas pode ocorrer também numa escada rolante. Em dias frios de inverno, não é incomum sentir um pequeno choque ao tocar alguém ou alguma coisa numa escada rolante, principalmente quando estamos com tênis ou sapatos com solado de borracha. Esses fenômenos são resultados do comportamento das cargas elétricas presentes na matéria. A eletricidade presente na atmosfera, encontrada principalmente nos raios, é também outra forma de manifestação da eletricidade. Para explicarmos esses e outros fenômenos é necessário nos aprofundarmos nas propriedades da matéria e entendermos o que é eletricidade. Veremos a seguir que este acontecimento e muitos outros são diabruras de uma partícula “pequeníssima” chamada *elétron*.

O grande problema que temos no estudo da eletricidade em geral é que as partículas carregadas eletricamente, como os elétrons, os prótons etc., são muito pequenas e impossíveis de enxergar, mesmo com os microscópios mais potentes. Devemos pensar nelas como coisas que são invisíveis aos nossos olhos, mas não às nossas mentes. Isto é, apesar de invisíveis, elétrons e outras partículas carregadas eletricamente têm permitido aos cientistas construir explicações sobre fenômenos como os raios, os choques elétricos, a eletricidade nas tomadas etc. Como o elétron tem um papel central em nossas discussões, convidamos um deles para uma rápida conversa.

Com vocês, o *elétron*:

– Qual é o seu nome?

– Elétron.

– Já ouvi falar de você, acho que foi na televisão. Quem é você?

– Isso é difícil falar. É que tenho várias propriedades, mas acabo sendo conhecido principalmente pelos fenômenos elétricos que produzo. Esses fenômenos acontecem por causa de uma dessas propriedades: a carga elétrica.

– Continuei na mesma. Você poderia ser mais explícito?

– Vou tentar: sou um conceito científico como muitos outros que existem por aí.

– E o que é um conceito científico?

- Bem, são coisas que fazem parte do universo da ciência.
- Eu conheço várias coisas, como cadeiras, armários, carros que me rodeiam, mas conceitos científicos eu nunca vi!
- As coisas que você enunciou pertencem ao mundo imediato que percebemos com nossos sentidos, e os conceitos científicos pertencem ao *mundo criado pela ciência*. Nesse mundo as coisas não são vistas pelos olhos, mas pela mente.
- O que você faz em particular?
- Sou responsável por vários comportamentos interessantes da matéria. Durante as tempestades, sou eu quem produz os raios que tanto aterrorizam as pessoas. As consequências desagradáveis dos choques são também de minha responsabilidade.
- Mas como pode ser isso? Pelo que ouvi falar, você é tão pequeno! Como pode produzir tantos estragos?
- Tamanho nesses casos não conta muito, pois eu não faço isso sozinho. Por exemplo, você não compra nada com um centavo, mas imagine o que você faria com bilhões deles! Nos raios, somos bilhões de *elétrons* a agir.
- Você poderia me contar alguns outros fenômenos pelos quais também é responsável?
- Ok, vamos lá. Em vez de descrever fenômenos, eu proponho que você faça uma experiência e veja por si mesmo alguns fatos interessantes.
- Legal, eu gosto muito de experiências!
- Pegue um guardanapo de papel e um canudo de refresco, daqueles de plástico que encontramos em qualquer lanchonete. Pique uma borda do papel em pedaços pequenos. Agora pressione o guardanapo sobre o canudo usando o polegar e o indicador de forma que os dois se *atritem*. É preciso que você aplique uma pressão razoavelmente forte num único movimento.
- Mas para que tudo isso?
- Você já vai ver. Após ter atritado o canudo, aproxime-o do papel picado.
- Que estranho, ele atraiu o papel picado! Por que isso?
- Explicar isso requer um pouco de tempo, mas vou te dar uma dica. Ao atritar o canudo com o guardanapo de papel, elétrons,

como eu, passaram de um corpo para o outro. Com isso, o canudo mudou sua quantidade inicial de elétrons, isto é, tornou-se *eletrizado*.

– E isso foi suficiente para atrair os pedacinhos de papel?

– Sim.

– Eu já vi algo parecido com um pente e pedaços de papel. Trata-se do mesmo tipo de fenômeno? Isso funcionaria com outros corpos que não o canudo e o papel?

– É isso mesmo. O pente, neste caso, é atritado no cabelo e acaba se comportando como o canudo.

– Eu fiz isso uma vez. Isso pode funcionar com outros corpos além de pentes e canudos de fresco?

– Legal, você está fazendo conexões com situações conhecidas, questionando; isso é fazer ciência. Não vou lhe dar todas as respostas, pois é preciso que você conheça outros fenômenos e conceitos elétricos e pense sobre eles. Vou apenas te dizer que a eletricidade é uma propriedade presente em todos os corpos, mas nem sempre é possível observar seus efeitos no cotidiano.

– O que você quer dizer com isso?

– Que embora todos os corpos possam apresentar fenômenos de origem elétrica, precisamos às vezes criar condições especiais para que ocorram.

– Gostei dessa observação. Vou ficar atento a isso.

– Mas espere um pouco, não jogue fora o canudo eletrizado; podemos fazer outra experiência com ele.

– Vamos lá, estou pronto.

– Encoste-o na parede, mas tire o pó dela antes disso.

– Que loucura, ele grudou na parede!

– E veja que não passamos cola. Coloque-o sobre outra superfície, no vidro liso de uma janela, por exemplo, ou na porta de um armário de madeira, e veja se ele gruda.

– Ele também grudou! E daí, como isso acontece?

– O efeito é muito parecido com a atração dos pedacinhos de papel. Como a parede é imóvel e rígida, o canudo ao atraí-la fica grudado nela.

– Será que você poderia explicar de onde provém a atração aí presente?

– Acho que devo contar-lhe um pouco mais sobre as coisas que existem no mundo da eletricidade. Como disse no início, eu tenho carga elétrica. Porém, não sou a única partícula a tê-la. Na verdade, várias outras possuem propriedades elétricas. No átomo, somos duas a possuir tal propriedade: eu e o *próton*. Você deve se lembrar de como se representa o átomo: um núcleo rodeado por outras partículas muito menores que ele. Os prótons se encontram no núcleo, junto com os nêutrons, estes últimos sem propriedade elétrica. Rodeando o núcleo estamos nós, os elétrons. Apesar de eu e o próton possuímos ambos carga elétrica, temos sinais diferentes: nós somos *negativos* e eles são *positivos*. O interessante é que são as propriedades elétricas que permitem que as cargas interajam. No caso, eu e o próton nos atraímos, pois temos cargas elétricas de sinais diferentes. Essa atração permite que a eletrosfera se mantenha unida ao núcleo. Já cargas de mesmo sinal se repelem.

– Quer dizer que a atração entre o canudinho de refresco e os pedacinhos de papel era na verdade uma manifestação da atração entre as cargas presentes nesses corpos?

– Exatamente.

– Gostei de saber disso. E essa atração e repulsão entre as cargas se manifestam em outras situações?

– Sem dúvida. Elas aparecem em quase todas as situações. Você já se perguntou por que um bloco de ferro, ou um pedaço de madeira ou plástico, não se esfarela como um bloco de isopor?

– Na verdade, não. Achei que isso fosse uma característica do ferro.

– E isso é verdade. Porém essa coisa que você chamou *característica* pode ser explicada pela organização das cargas elétricas no ferro.

– E você poderia citar outras situações em que você toma parte?

– Claro! Você já viu um raio de luz se refletir num espelho, ou num metal polido?

– Sem dúvida, mas isso é um efeito elétrico?

– Apesar de podermos estudar isso sem mencionar os elétrons, eu estou presente nesses fenômenos. Veja que são elétrons como eu, presentes na superfície do espelho e do metal, que devolvem o feixe de luz incidente.

- Muito legal!
- Eu poderia continuar citando outras coisas, como o atrito entre dois corpos, as mudanças de estado físico (sólido, líquido, gasoso), a imagem que aparece nas telas de televisão e computadores etc.
- Está parecendo que quase tudo que nos rodeia é obra de vocês, os elétrons.
- Você está sendo generoso conosco. Estamos muito presentes nas propriedades da matéria, mas não somos responsáveis por tudo. Digamos que por meio de nós muitas características aparentemente misteriosas da matéria podem ser entendidas e explicadas.
- Olha, eu gostei muito de saber que podemos explicar coisas que parecem sem explicação.
- Esse sentimento tem movido a ciência e alimentado os cientistas ao longo de todos os tempos.
- Legal, vou querer saber mais a seu respeito.
- Tem muito mais ainda. Você vai se maravilhar com muitas coisas que verá mais à frente! Lembre-se de deixar a mente e a imaginação trabalharem bem à vontade!

Após a leitura e discussão do texto, pode-se apresentar a seguinte proposta de redação:

REDAÇÃO Imagine que um dia você acorde e os elétrons dos objetos que estão ao seu redor “estejam em greve”, isto é, eles deixaram de produzir os efeitos que provocam os fenômenos listados anteriormente.

Descreva como seria esse dia: busque imaginar o que de mais diferente poderia ocorrer, mas considere que os átomos de seu próprio corpo e o de seus colegas continuam atuando normalmente e que isso afeta apenas os objetos ao seu redor.

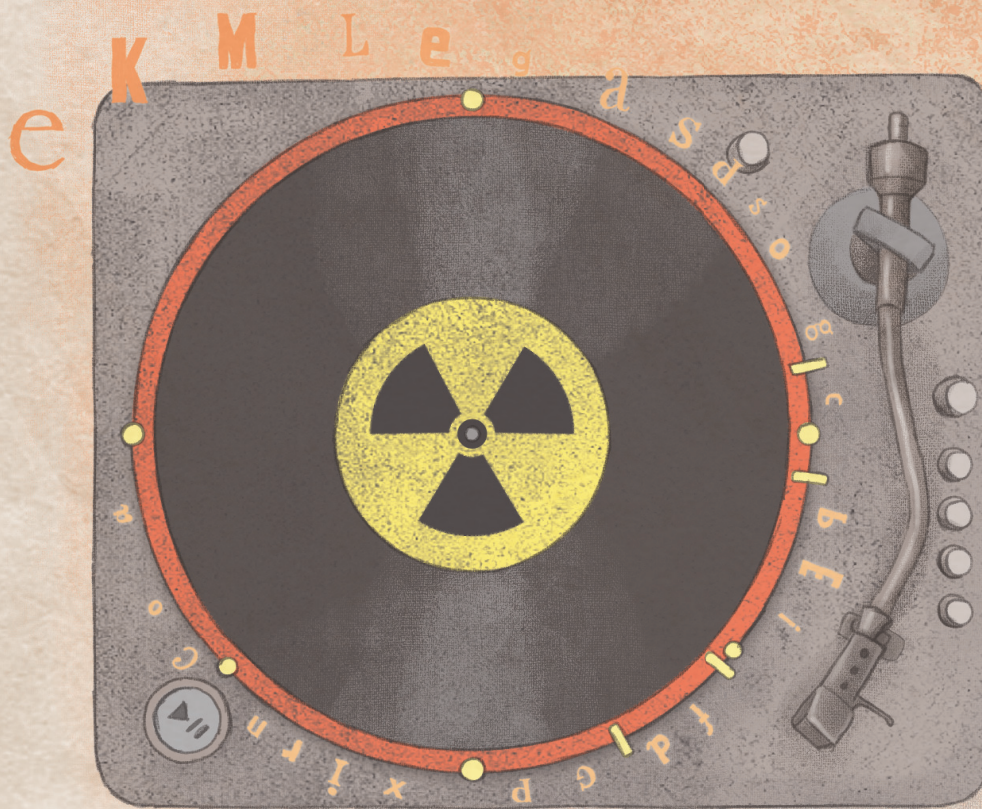
Escreva um texto de no mínimo uma página.

Essa atividade foi aplicada com bastante sucesso. Isso se deu porque os alunos já estavam bem familiarizados com conceitos do Eletromagnetismo; e já haviam estudado toda a Eletrostática e parte da

Eletrodinâmica. Na aula anterior à atividade, eles compararam os efeitos de um ímã e de um canudo eletrizado sobre diferentes materiais, o que lhes deu boa base para esse estudo.

A leitura do texto ocorreu de modo tranquilo, embora tenha levado bastante tempo para ser concluída. Os alunos não tiveram dificuldades para elaborar a lista de fenômenos que têm o elétron e os efeitos da carga como base. Eles citaram, por exemplo: o aquecimento da água; a construção de computadores; o funcionamento do chuveiro; a condução de eletricidade; esfregar as mãos para esquentar; o aquecimento de uma colher na panela com fogo; a luz que chega a nossas casas; o derretimento do chocolate; a constituição de uma parede; andar apoiado e pisando em algo consistente; a atração de um ímã por um metal. Funcionamento dos aparelhos eletrônicos; pilhas e baterias; choques que tomamos em dias frios; choque quando andamos descalços; funcionamento dos seres vivos (impulsos elétricos do cérebro); riscar um fósforo; a TV que “puxa” nossos cabelos quando é desligada; pessoas não atravessarem paredes e portas.

Quase todos os alunos realizaram essa atividade com uma qualidade muito boa. Eles refletiram sobre o papel dos elétrons nos fenômenos e relacionaram diferentes áreas de estudo.



Roberto Weigand

4

Considerações finais

As atividades propostas no capítulo anterior buscaram exemplificar as dimensões culturais que envolvem o Ensino das Ciências, em particular da Física. De modo geral, elas ajudam a construir uma identidade nos alunos que os faz reconhecer a Ciência como parte de sua cultura.

Essa tentativa de apresentar noções mais claras sobre o sentido de olhar para a Ciência como manifestação cultural é fruto de reflexões de vários teóricos e, neste livro, recaiu no aprofundamento da compreensão das narrativas. Isso, no entanto, não impede outras possibilidades de inserção, na sala de aula, de atividades que possibilitem que o estudante reflita sobre os conteúdos científicos e as representações humanas envolvidas nesse conhecimento.

Ao contrário do que se imagina, isso não indica um distanciamento dos conceitos físicos, pois eles são necessários para o entendimento das atividades, para a elaboração de argumentos e para a participação nas discussões, a fim de que sejam embasados cientificamente.

Assim, esperamos que esses momentos, em que os estudantes refletem sobre os conteúdos, sejam capazes de promover novas articulações entre o saber da Ciência, e como ela é construída, representada e necessária, e outros saberes humanos, como a Literatura, na atividade dos contos *O espelho*, ou a História, nas cartas de Kepler e Galileu.

Esperamos que com este livro seja possível encontrar novas formas de abordar a Ciência na sala de aula, de modo que essas inserções sejam feitas de maneira gradual pelo docente a fim de respeitar a individualidade e o contexto social de cada ambiente escolar. Isso reflete, de certo modo, as ideias de Bourdieu e Passeron, quando eles discutem as diferentes formas de a instituição escolar reconhecer seus alunos e como, em nosso caso, essas atividades podem ser recebidas pela comunidade que envolve a escola (alunos, pais, direção).

Acreditamos que o esforço para criar vínculos culturais nos alunos traz benefícios importantes para que esses jovens possam encarar o estudo das Ciências de maneira prazerosa, criando possibilidades de aprender sobre esses conhecimentos em diversas situações, sem se vincular apenas à resolução de exercícios. Nossa experiência como docentes de Ensino Médio vem indicando, ao longo dos anos, que essas atividades se mostraram relevantes para levar as discussões de Ciência a alunos com um engajamento mais forte na área de Humanas. Na prática com esses estudantes nosso pensamento foi aprimorado, para ao longo dos anos serem construídas as atividades apresentadas aqui.

Aprender Ciência como manifestação cultural é impregnar o conhecimento de dimensões mais amplas, capazes de trazer outros olhares ao que é aprendido e promover articulações mais complexas com os saberes envolvidos nesse processo. Assim, mais do que compreender os conteúdos científicos, possibilita-se que os estudantes apurem o olhar para outras situações em que a Ciência está camuflada na divisão curricular das disciplinas escolares.

O primeiro passo para promover essa educação, como lembra Zanetic (1989), é que o professor convença a si mesmo e aos estudantes de que a Física deve ser entendida como uma cultura, independentemente da compreensão que se tenha sobre o conceito (sociológico, antropológico). Ela deve ser encarada de forma diferente da concepção atual de um saber racional, pautado unicamente nas equações matemáticas e distanciado do contexto social em que vivemos.

Isso reflete uma nova forma de ensinar a Física, ou seja, resgatar seus aspectos históricos, olhar para os conteúdos “escondidos” em outras manifestações culturais, não se limitando aos livros didáticos. Lecionar Física hoje implica apresentar aos estudantes um novo olhar sobre o mundo, instigando-os a compreender sua própria cultura de origem do ponto de vista da Ciência, que pode estar representada em livros, poemas, músicas, entre outros, e que, portanto, respeita a cultura que o aluno traz para a escola e ao mesmo tempo amplia sua visão de mundo por meio desse conhecimento.

Referências bibliográficas

- ALTHUSSER, L. *Ideologia e aparelhos ideológicos do Estado*. Lisboa: Editorial Presença, 1970.
- AQUINO, J. G. A indisciplina e a escola atual. *Revista da Faculdade de Educação*, v. 25, n. 2, 1998.
- AVRAAMIDOU, L.; OSBORNE, J. The role of narrative in communicating Science. *International Journal of Science Education*, v. 31, n. 12, 2009.
- BOURDIEU, P. *A distinção: crítica social do julgamento* [1982]. São Paulo: Edusp, 2008.
- _____. A escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura [1966]. In: NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (Org.). *Pierre Bourdieu: escritos sobre educação*. Petrópolis: Vozes, 1998.
- _____. *As razões práticas* [1994]. Campinas: Papirus, 2011.
- _____. *O poder simbólico* [1989]. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- _____. Os três estados do capital cultural [1979]. In: NOGUEIRA, M. A.; CATANI, A. (Org.). *Pierre Bourdieu: escritos sobre educação*. Petrópolis: Vozes, 1998.
- BOURDIEU, P.; PASSERON, J. C. *A reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino* [1970]. Petrópolis: Vozes, 2008.
- BOWLES, S.; GINTIS, H. *La instrucción escolar en la América capitalista*. Madrid: Veintiuno, 1981.
- BRICKHOUSE, N. Bring in the outsiders. *Journal of Curriculum Studies*, n. 26, 1994.
- _____.; LOWERY, P.; SHULTZ, K. What kind of girl does Science?. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 37, 2000.
- _____.; POTTER, J. Young women's scientific identity formation in an urban context. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 38, 2001.
- BROWN, B. Discursive Identity: assimilation into the culture of Science and its implications for minority students. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 41, 2004.
- _____. It isn't no Slang that can be said about this stuff: language, identity, and appropriating Science discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 43, 2006.

- BRUNER, J. *A cultura da educação* [1996]. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- . *Pourquoi nous racontons-nous des Histories? Le récit au fondement de la culture et de l'identité individuelle*. Paris: Agora, 2002.
- . *Realidade mental, mundos possíveis* [1986]. São Paulo: Artmed, 1998.
- BRUSH, L. Avoidance of Science and stereotypes of scientists. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 16, n. 3, 1979.
- CALABREASE BARTON, A. Teaching Science with homeless children. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 35, 1998.
- ; TAN, E.; RIVET, A. Creating hybrid spaces for engaging school Science among urban middle school. *American Educational Research Journal*, n. 45, 2008.
- CAMÕES, Luís de. *Os Lusíadas*. Porto: Porto Editora, 2011.
- CAPECCHI, M. C. V. M. *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de Física*. 2004. 264p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- CATANI, A. M. Pierre Bourdieu: um estudo da noção de campo e de suas apropriações brasileiras nas produções educacionais. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE SOCIOLOGIA, 2004, Braga. Actas ... Braga: Associação Portuguesa de Sociologia, 2004.
- DELIZOICOV, D. Assim defendeu Zanetic... In: MARTINS, A. F. (Org.). *Física ainda é cultura?* São Paulo: Livraria da Física, 2009.
- DESCHAMPS, J. C.; MOLINER, P. *A identidade em psicologia social*. Petrópolis: Vozes, 2009.
- FORQUIN, J. C. *Escola e cultura*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- FREIRE, P. *Ação cultural para liberdade e outros ensaios* [1975]. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- . *A pedagogia do oprimido* [1968]. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.
- GEDEÃO, António. Poema para Galileu.
- GEERTZ, C. *A interpretação das culturas*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1978.
- GIDDENS, A. *Identidade e modernidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- GIL, Gilberto. Quanta. Intérprete: Gilberto Gil. In: GIL, Gilberto. *Quanta*. Rio de Janeiro: Warner Music, p1997. 1 CD. Faixa 1.

- GILBERT, A.; YERRICK, R. Same school, separate worlds: a sociocultural study of identity, resistance, and negotiation in a rural, lower track Science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 38, 2001.
- GURGEL, I. *A imaginação científica como componente do entendimento: subsídios para o ensino de Física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- . *Elementos de uma poética das Ciências: fundamentos teóricos e implicações ao ensino*. 2010. 301p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- .; PIETROCOLA, M. Uma discussão epistemológica sobre a imaginação científica: a construção do conhecimento através da visão de Albert Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, 2011.
- GUSMÃO, N. M. M. Os desafios da diversidade na escola. In: GUSMÃO, N. M. M. (Org.). *Diversidade, cultura e educação*. São Paulo: Biruta, 2003.
- HALL, S. A. *Identidade cultural na pós-modernidade* [1992]. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.
- HAYNES, R. From alchemy to artificial intelligence: stereotypes of the scientist in Western Literature. *Public Understanding of Science*, v. 12, n. 3, 2003.
- HOBSBAWN, E. *A era dos extremos: o breve século XX* [1994]. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- KLASSEN, S. The construction and analysis of a Science story: a proposed methodology. *Science & Education*, n. 18, 2009.
- . The photoelectric effect: reconstructing the story for the physics classroom. *Science & Education*, 2010(b).
- . The relation of story structure to a model of conceptual change in Science learning. *Science & Education*, n. 19, 2010(a).
- KNIGHT, D. Trabalhando à luz de duas culturas. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Educ/Livraria da Física, 2004.
- KOESTER, A. *Os sonâmbulos: histórias das concepções do homem sobre o Universo*. São Paulo: Ibrasa, 1961.

- LEDERMAN, N. Student's and teacher's conceptions of the nature of Science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 4, 1992.
- LEMKE, J. L. *Aprender a hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós, 1997.
- MACHADO DE ASSIS, J. M. *Obra completa*. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1994. v. 2. Disponível: em <<http://machado.mec.gov.br/images/stories/pdf/contos/macn003.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2012.
- MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1, 2006.
- . Explicações, representações visuais e retórica na sala de aula de Ciências. In: MORTIMER, E. F.; SMOLKA, A. L. B. (Org.). *Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.
- . et al. Rhetoric and Science education. In: BEHRENDT, H. et al. (Ed.). *Research in Science education: past, present and future*. Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 2001.
- MEAD, M.; MÉTRAUX, R. Image of the scientist among high-school students. *Science*, v. 126, 1957.
- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 2, 2003.
- NOGUEIRA, M. A.; NOGUEIRA, C. M. *Bourdieu & a educação*. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.
- OGBORN, J. et al. *Explaining Science in the classroom*. Buckingham: Open University Press, 1996.
- OLITSKY, S. Structure, agency and development of students identities. *Cultural Studies of Science Education*, n. 1, 2006.
- RAHM, J. Youth's and scientists authoring and positioning within Science and scientists Work. *Cultural Studies of Science Education*, n. 1, 2007.
- ROSA, João Guimarães. O espelho. In: ———. *Primeiras estórias*. 11. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1978.

- ROTH, M. Bricolage, métissage, hybridity, heterogeneity, diaspora: concepts for thinking Science education in the 21st century. *Cultural studies of Science education*, n. 3, 2008.
- ROTH, M.; CALABREASE BARTON, A. *Rethinking scientific literacy*. Nova York: Routledge, 2004.
- SEVCENKO, N. *A corrida para o século XXI: no loop da montanha-russa* [2001]. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- SHANAHAN, M. C. Identity in Science learning: exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. *Studies in Science Education*, v. 45, n. 1, 2009.
- SILVA, T. T. *Documentos de identidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 1999.
- SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura*. São Paulo: Edusp, 1995.
- SUTTON, C. Ideas sobre la Ciencia e ideas sobre el lenguaje. In: *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 12, 1997.
- . Los profesores de Ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, 2003. 0
- . New perspectives on language in Science. FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Org.). *International handbook of Science education*. Great Britain: Kluwer Academic Publisher, 1998. 1
- . *Words, Science and learning* [1992]. Buckingham: Open University Press, 1995. 34
- TONUCCI, F. *Com olhos de criança*. Porto Alegre: Artmed, 1997.
- WHITAKER, D. C. A.; BEZZON, L. C. *A cultura e o ecossistema*. Campinas: Alínea, 2006.
- ZANETIC, J. Física ainda é cultura! [2009]. In: MARTINS, A. F. (Org.). *Física ainda é cultura?* São Paulo: Livraria da Física, 2009.
- . Física e arte: uma ponte entre duas culturas. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1, jan.-abr. 2006a.
- . Física e cultura. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 3, 2005.
- . Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. *História, Ciência, Saúde*, v. 13 (suplemento), 2006b.
- . *Física também é cultura*. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.