

Discursos sobre Física Contemporânea no Ensino Médio a partir da Leitura de Textos de Divulgação Científica

Discourses on Contemporary Physics in High School from the Reading of Science Communication Texts

Wagner Moreira da Silva  Brasil

Marcelo Zanotello  Brasil

Esta pesquisa empírica e qualitativa investiga o uso de textos de divulgação científica (TDC) para abordar temas controversos relacionados à física contemporânea no ensino médio. O objetivo principal consiste em analisar os sentidos construídos pelos estudantes a partir da leitura dos TDC, organizada através de roteiros que solicitam respostas por escrito a questionários e a realização de seminários em sala de aula. O total de 53 alunos do terceiro ano de um colégio particular localizado na cidade de São Paulo realizaram as atividades programadas em um período de seis aulas. Com base no referencial teórico da Análise de Discurso francesa, a produção dos estudantes evidencia o desenvolvimento de posicionamentos críticos sobre aspectos da prática científica e a compreensão de certos conceitos físicos associados às temáticas abordadas.

Palavras-chave: divulgação científica; física contemporânea; leitura; discursos.

This empirical and qualitative research investigated the use of texts of science communication (TDC) to promote controversial themes about contemporary physics in high school. The main aim is to analyze students' productions of meanings from the reading of TDC. The activities involved the reading of texts chosen from a pre-selected list, the written answers to questionnaires about such texts and the presentation of on issues related to the texts. Fifty-three students of the third grade in a private high school located in São Paulo city performed the activities. Based on the theoretical framework of French Discourse Analysis, the results indicated that the students developed critical positions regarding the scientific production and understandings about physical concepts.

Keywords: science communication; contemporary physics; reading; discourses.

Introdução

De modo geral, o acesso à informação vem aumentando substancialmente em nossa sociedade. Novos meios de difusão via internet como *vídeos online*, *blogs*, *podcasts* e redes sociais têm colaborado para maior contato das pessoas com diversos tipos de conteúdos, inclusive temas científicos contemporâneos. Isto favorece que, na escola, a curiosidade por assuntos que são objetos de pesquisas científicas atuais possa surgir, independentemente de constarem formalmente nos currículos. Assim, analisar como tratar questões atuais relativas à ciência no contexto escolar pode contribuir para o estabelecimento de frutíferas relações de ensino e aprendizagem, fornecendo subsídios ao trabalho dos professores. Dentre as diversas estratégias pedagógicas que podem ser empregadas, pesquisadores na área da educação em ciências têm estudado a utilização de textos de divulgação científica de variadas maneiras e com diferentes propósitos (Salém e Kawamura, 1996; Almeida, 1998; Alvetti, 1999; Terrazzan e Gabana, 2003; Melo e Hosoume, 2003; Pinto, 2007; Perticarrari et al., 2010). Destes estudos, é consensual que, conforme Martins et al:

A utilização de textos de divulgação pode contribuir para enriquecer o ensino trazendo novas questões, abrindo a visão de ciência e de mundo do aluno e do professor, criando novas metodologias e recursos de ensino, localizando o conteúdo ensinado em contexto mais abrangente, motivando e mesmo aprofundando determinados assuntos. (2004, p.96)

No entanto, trazer para o espaço escolar textos que não foram elaborados para esse fim demanda uma análise cuidadosa quanto às suas potencialidades didáticas e limitações. Almeida e Sorpreso (2011) destacam que não se lê da mesma maneira um livro didático, um texto de divulgação ou um original de cientistas, pois essas leituras mobilizam diferentes interdiscursos e representações sobre suas produções. Artigos em periódicos científicos são escritos para os pares (cientistas), em linguagem formal constitutiva das áreas às quais pertencem; textos de divulgação são destinados a um público leigo e escritos com o que seus autores, sejam eles cientistas ou jornalistas, consideram ser uma linguagem comum; nos livros didáticos, os conteúdos são adaptados tendo em vista o ensino escolarizado, no sentido de que aquilo que do conhecimento científico chega à escola não é idêntico ao conhecimento científico como é produzido, não havendo uma identidade total entre o conhecimento produzido pelos cientistas e o conhecimento escolar relacionado à ciência. Dessa forma, orientar atividades de leitura com textos de divulgação científica (TDC) no ambiente escolar, visando promover a construção de sentidos por parte dos estudantes, podem ser um contexto de investigação pertinente.

Ao propor a análise da produção de significados em aulas de física a partir da leitura de TDC sobre temáticas contemporâneas e controversas, esta pesquisa buscou respostas para duas questões específicas: 1. Como a leitura de TDC possibilita interpretações sobre temas polêmicos da física contemporânea? 2. De que maneira essa leitura influencia no

posicionamento dos alunos sobre produtos da ciência atual em diálogos com seus pares? Acreditamos que as respostas de tais questões possam apresentar uma visão geral sobre como o trabalho empírico com esse tipo de texto pode ser realizado em sala de aula, elucidando os propósitos para incorporá-lo na educação científica e fomentar futuras ações educacionais.

Textos de divulgação científica e leituras escolares

Segundo Zamboni (1997), a divulgação científica (DC) propicia a difusão de conhecimentos, possibilitando uma partilha social de saberes e realizando uma reformulação discursiva na qual se destaca a mediação da linguagem. A divulgação dos conhecimentos científicos para fora do seu contexto de origem mobiliza diferentes técnicas, recursos e procedimentos para veiculação das informações científicas para todo tipo de público. Assim, uma dimensão educativa pode ser atribuída às práticas de DC, pois além do caráter informativo, elas socializam conhecimentos que, em algum momento, se apartaram dos cidadãos comuns. Além disso, exibem certa preocupação com a formação da opinião pública sobre os produtos e métodos das ciências, permitindo vislumbrar uma integração entre ciência e cultura. Quanto ao seu discurso, a DC é uma prática de reformulação que produz a partir de um discurso-fonte (o da ciência) um discurso-segundo (o do cotidiano). Ao considerar que o divulgador da ciência não é um mero tradutor dos conhecimentos científicos, mas também um produtor de um novo tipo de texto que se insere em outra formação discursiva, Zamboni coloca que:

[...] o discurso relatado dos cientistas na DC não pertence à formação discursiva da ciência. Observa-se que as citações em discurso direto que aparecem na DC constituem, em geral, “falas” já vulgarizadas do discurso científico, tomadas, em grande parte, em entrevistas ou depoimentos. [...] o discurso da DC não pertence ao campo do discurso científico. Uma vez que toda a configuração das condições de produção da DC é outra, diferente daquela que cerca a produção do discurso científico, outro será o resultado gerado nessas novas condições. (Zamboni, 1997, p. 79–87)

Possibilitar reflexões sobre o funcionamento da ciência contemporânea e seus produtos a partir dos TDC não é simples. Na elaboração desses textos é preciso considerar diversos aspectos da linguagem, tanto na perspectiva dos cientistas enquanto produtores de conhecimentos, quanto na perspectiva de leitores leigos que constituem o público a que se destinam. Sua redação envolve constatação de novos fatos e evidências; generalização de informações provindas de diferentes áreas; apresentação de fundamentos e procedimentos científicos que ainda não estão totalmente assentados; intermédio de exemplos, comparações, dados estatísticos, relações de causa e efeito, etc. Pensando nas especificidades associadas aos TDC, organizamos no Quadro 1 alguns aspectos que, do ponto de vista jornalístico, demonstram as principais características desse tipo de texto consideradas por um redator de ciências ao produzir materiais direcionados ao grande público.

Quadro 1. Características dos TDC do ponto de vista jornalístico, inspirado em Vieira (1999)

1. Atenção para as diferenças de linguagem: linguagem direta e informal, com o mínimo de jargões possível, dando preferência às imagens ao invés de fórmulas.
2. Objetividade e sedução do leitor: informações de destaque no início do texto sem complicações, frases impactantes, controvérsias e polêmicas em evidência; parágrafos curtos são preferíveis a longos.
3. Uso de analogias: os jargões são explicados da forma mais simples possível, através de exemplos e analogias próximos de fenômenos do dia-a-dia do leitor.
4. Precisão na informação: preocupação com a precisão na explicação das informações científicas, distinção entre especulações e resultados comprovados, termos científicos mais complexos explicados por boxes e resumos em destaque.
5. Seleção do público / delimitação de leitores: qualquer que seja o público alvo, de crianças a especialistas, é necessário definir certo perfil antes de se produzir um TDC.
6. Contexto e pontos de vista: apresentação dos autores, o que fazem e onde nasceram; apresentação do contexto e diferentes pontos de vista sobre o mesmo assunto.
7. Formato: textos simples e enxutos; siglas escritas por extenso, evitando citações bibliográficas ao longo do texto para poupar espaço; parágrafos curtos para dar ao leitor uma pausa para que ele pense a respeito do que acabou de ler; apresentação dos créditos de cada autor.

As características do TDC destacadas no Quadro 1 podem orientar os professores na escolha do texto que se pretende trabalhar na escola. Mesmo tendo como objetivo a divulgação dos conhecimentos científicos ao grande público, a delimitação do perfil dos leitores, o conhecimento sobre o tipo de linguagem, o tamanho do texto, o uso de analogias e a precisão das informações fornecidas é de suma importância para um efetivo trabalho nas aulas, independente do conteúdo temático que se deseje estudar.

Pensando em como estabelecer diretrizes para ressaltar esse aspecto, Abreu e Queiroz (2012) identificam alguns objetivos para a utilização de TCD na escola:

- 1) Fomentar hábitos de leitura no contexto escolar; 2) Favorecer a compreensão sobre aspectos da produção do conhecimento científico; 3) Promover o interesse dos alunos em sala de aula; 4) Estimular o pensamento crítico dos alunos; 5) Fomentar discussões e debates em sala de aula; 6) Favorecer a aprendizagem de conceitos; 7) Desenvolver nos alunos habilidades de comunicação oral e escrita. (p.15)

Para a consecução de tais objetivos, é necessário planejar as atividades de leitura considerando possíveis obstáculos, tais como: a eventual falta de proficiência dos alunos com a leitura de gêneros textuais variados; falhas nos materiais de DC como reformulações conceituais equivocadas, excesso de analogias e visões distorcidas sobre

a construção do conhecimento científico; dificuldades para escolha das fontes de textos e pouca disponibilidade de tempo em face da obrigatoriedade do cumprimento de currículos extensos em sala de aula.

Silva e Almeida (2005) discutem que o uso do TDC deve ser proposto no intuito de valorizar espaços para produção de sentidos sobre os textos, priorizando o desenvolvimento de atividades que possibilitem relações com o imaginário dos estudantes, nas quais eles possam refletir sobre seus discursos. Trata-se de estabelecer procedimentos que possibilitem uma metacompreensão sobre o que é lido, solicitando, por exemplo, que os alunos anotem suas dúvidas durante a leitura, ou ainda, propondo modos de leitura alternativos por meio de tarefas que favoreçam discussões sobre o TDC e trocas de ideias a respeito das diferentes interpretações. Tais estratégias estimulam o desenvolvimento de habilidades que não são frequentes nas aulas de ciências, tais como: a propensão para elaboração de questionamentos espontâneos (Silva & Kawamura, 2001), a melhora na leitura de enunciados (Ferreira & Queiroz, 2011) e a compreensão de argumentos a respeito de temáticas científicas (Zamorano et al., 2011).

Com o objetivo de compreender possíveis sentidos que estudantes no ensino médio atribuem a questões científicas contemporâneas e controversas através da leitura de TDC, o presente estudo visa contribuir para ampliar as estratégias do uso deste tipo de texto nas aulas de física. Para tanto, é preciso analisar como as condições para a realização da leitura se desenvolvem na sala aula, investigando fatores que influenciam as interpretações dos alunos. Com este propósito, buscamos indícios dessas condições pensando o uso do TDC a partir de uma concepção de leitura em conformidade com preceitos da Análise de Discurso francesa.

Aspectos da Análise de Discurso em sua vertente francesa

No final da década de 1960, estudos sobre as relações entre a linguagem e seu contexto (a exterioridade) assumem uma forma particular no que se denomina escola francesa de Análise de Discurso (AD), cujo autor principal é Michel Pêcheux (Gadet & Hak, 1997). Neste enfoque, discurso é definido diretamente como efeito de sentidos entre locutores, supondo um sistema signifiante (a linguagem) e a relação deste sistema com sua exterioridade (Orlandi, 2010), sendo entendido como um processo social cuja materialidade é linguística.

A linguagem, além de suporte do pensamento e instrumento para transmissão de informação é, essencialmente, produto do trabalho das pessoas num processo de interação social e, portanto, histórico. Ela não é transparente, o que se evidencia pela consideração do equívoco, da ambiguidade, da não unicidade do sentido e das possibilidades de interpretação.

De acordo com Orlandi (2009), o que funciona no discurso não são traços sociológicos empíricos, mas as formações imaginárias que se constituem a partir das relações sociais. Tais formações imaginárias são responsáveis por um efeito de transparência, no qual o sentido aparece como evidência, como se já estivesse sempre lá,

como essência das palavras, ocultando o processo interpretativo inerente à nossa relação com a linguagem. Mas, diante de qualquer objeto simbólico o ser humano é instado à interpretação e esta ocorre em determinadas condições de produção.

Na leitura de um texto, as condições de produção envolvem as relações do texto com outros (a intertextualidade), seu contexto histórico e social de formulação, os interlocutores (o autor e a quem ele se dirige), as posições em que se situam e em que são vistos, as imagens que fazem de si e dos outros, bem como do objeto da fala (o referente) (Almeida, 2004). Determinado por sua exterioridade, todo discurso remete a outro discurso, com os sentidos sendo sempre referidos a outros sentidos.

O interdiscurso, ou memória discursiva, é o já dito que sustenta a possibilidade de dizer. Ao falarmos, nos filiamos a redes de inconsciente (algo que fala antes, em outro lugar) e o fazemos num gesto de interpretação na relação da língua com a história. Na formulação de um discurso, ainda que inconscientemente, o autor se liga à sua história de formulações possíveis, às quais se integrará o seu enunciado, decorrendo daí que ele não poderá evitar alguma forma de repetição. A AD identifica três formas de repetição: a empírica, que consiste no simples exercício mnemônico; a formal, associada a técnicas de produção de frases; e a histórica, na qual haveria um trabalho efetivo com a memória discursiva capaz de produzir novos sentidos.

[...] na repetição histórica teríamos um aluno com um real trabalho da memória. Ele inscreveria o dizer em seu saber discursivo o que lhe permitiria não só repetir, mas, ao fazê-lo, produzir deslizamentos, efeitos de deriva no que diz. Por isso haveria aí sempre a possibilidade de serem produzidos outros dizeres a partir daqueles. Esse seria o ideal de aprendizagem: levar o aluno a passar da repetição empírica à histórica, com passagem obrigatória pela formal já que para que haja sentido é preciso que a língua se inscreva na história. (Orlandi, 1998, p.14)

Tais deslizamentos ou efeitos de deriva poderiam ser identificados nos discursos dos estudantes em determinadas condições de produção, revelando indícios da constituição de sentidos. A AD não procura o “verdadeiro” sentido nas produções discursivas, mas o que há de real nos sentidos atribuídos ao texto, considerando que todo enunciado oferece lugar à interpretação e o significado é sempre susceptível de tornar-se outro. Esta abordagem da AD pode contribuir para se repensar o uso de textos em situações de ensino, nos seguintes aspectos: nos modos de propor e analisar as leituras, ressaltando a não expectativa de que elas produzam um único significado; que o aprendizado decorrente da leitura de diferentes tipos textuais não será o mesmo, ainda que ocorram crescimentos culturais significativos nas diversas situações; e que é equivocada a hierarquização de diferentes gêneros textuais no ensino, atribuindo-se, por exemplo, maior valor a um livro didático do que a um TDC, ou ainda privilegiando a linguagem matemática no ensino da física em detrimento da denominada linguagem comum (Almeida, 2004).

Metodologia

Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa empírica e qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994) foi realizada em 2014, em um colégio particular localizado na zona norte da cidade de São Paulo que oferece desde a educação infantil até o ensino médio. Sua infraestrutura conta com recursos tais como TV digital em todas as salas de aula, laboratório de ciências e sala de informática. A escola trabalha com um sistema apostilado de ensino, dividindo os conteúdos curriculares em três trimestres ao longo do ano letivo. Qualquer intervenção pedagógica diferenciada tem que se adequar ao planejamento preestabelecido, principalmente em função de algumas avaliações gerais que são comuns a todos os estudantes de determinadas séries e disciplinas.

Apesar da aparente rigidez desse sistema, a proposição de trabalhos extras curriculares e oficinas de ensino são bem aceitos pela coordenação pedagógica. Com essa abertura, viabilizou-se a realização da pesquisa com estudantes de duas turmas do terceiro ano do ensino médio. Na ocasião, o primeiro autor deste trabalho era professor regular de física das turmas, o que caracteriza esta atuação como uma pesquisa-ação (Megid Neto, 2011).

Os alunos já haviam estudado praticamente todo o conteúdo curricular de física para o ensino médio, estando prestes a entrar no processo de revisão; procedimento típico em colégios particulares visando à preparação para exames vestibulares. Ao todo, 53 alunos (26 da turma 3MA e 27 da turma 3MB) com idades entre 15 e 18 anos participaram voluntariamente das atividades relacionadas à pesquisa, desenvolvidas em um conjunto de 6 aulas, com duração de 50 minutos cada uma. A produção dos estudantes foi documentada por meio de respostas por escrito a questionários e do registro audiovisual de seminários.

Na primeira aula, a proposta de trabalho foi apresentada aos alunos, que se dividiram em duplas para a escolha de um tema do seu interesse dentre os propostos pelo professor. Devido ao tamanho das turmas e disponibilidade de aulas, se fixou o número de 13 textos para leitura, realizada em turno contrário ao das aulas. As outras cinco aulas ocorreram cerca de 10 dias após a distribuição dos TDC, a fim de que houvesse tempo hábil para leitura dos textos e preparação das atividades solicitadas.

Seleção dos TDC

Tendo em vista as orientações destacadas por Abreu e Queiroz (2012) e as características dos TDC apontadas por Vieira (1999), organizaram-se cinco critérios para seleção dos textos, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 . Critérios para seleção dos TDC

1. Que sejam textos escritos por cientistas, versando sobre pesquisas contemporâneas.
2. Que se enquadrem nas seguintes áreas da Física Contemporânea: Altas Energias; Astrofísica; Astronáutica; Biofísica; Ciência Planetária; Cosmologia; Engenharia de Produção Tecnológica; Filosofia da Ciência e Mecânica Quântica.
3. Que tenham como tema central uma controvérsia no meio científico, entendendo controvérsia como uma disputa de ideias sobre um determinado conhecimento.
4. Que apresentem pelo menos dois argumentos contraditórios sobre um mesmo conhecimento científico.
5. Que correspondam a um contexto real e se inscrevam em um campo onde o aluno sinta que pode ser levado a intervir.

No presente estudo, compreendem-se por “física contemporânea” (FC) as temáticas de pesquisas atualmente em curso nas diversas áreas da física. Conforme a classificação de Alvetti (1999), a FC começa na década de 1940, logo após o início da segunda Guerra Mundial, estendendo-se até os dias atuais. Esta divisão apresentada por Alvetti (1999) estabelece certa concordância entre os pesquisadores da área do ensino de física, principalmente pelo destaque dado para as produções da ciência durante o período da Segunda Guerra Mundial, momento histórico que forneceu evidências para a elaboração de relações críticas entre ciência, tecnologia e sociedade. Nesta perspectiva, diversos pesquisadores discutem e atestam a importância de se abordar tópicos de FC no ensino médio, dentre eles Moreira (1998); Pinto e Zanetic (1999); Ostermann e Moreira (2001); Guerra, Braga e Reis (2007); Silva e Almeida (2011).

Uma fonte de textos de divulgação que consideramos interessante consiste no livro “Um olhar para o futuro”, organizado por Anjos e Vieira (2009) e elaborado através do projeto do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) “Desafios da Física para o século XXI¹”. Dos onze capítulos do livro, selecionamos os constantes no Quadro 3.

Os demais textos foram selecionados da revista “Scientific American Brasil” e constam no Quadro 4.

¹ O livro encontra-se disponível no sítio eletrônico: <http://www.cbpf.br/~desafios/index.php>.

Quadro 3. TDC selecionados do livro “Um olhar para o futuro” (Anjos & Vieira, 2009)

Guzzo, M. M. Neutrinos: as partículas-fantasma. *Roteiro RT01*.
Oliveira, I. S. Informação Quântica: do teleporte à última fronteira da computação. *Roteiro RT02*.
Bediaga, I. LHC: O gigante criador de matéria. *Roteiro RT03*.
Berkovitz, N. Supercordas: o sonho da unificação das quatro forças da natureza. *Roteiro RT04*.
Barros, H. L.; Avalos, D. A. Biofísica: duas visões da vida. *Roteiro RT05*.
Kemp, E.; Barros, H. L.; Anjos, J.; Knobel, M.; Murriello, S. Nanociência e Nanotecnologia Modelando o futuro átomo por átomo. *Roteiro RT06*.
Makler, M. Cosmologia: a busca pela origem, evolução e estrutura do universo. *Roteiro RT09*.
Anjos, J.; Shellard, R.C. Raios Cósmiticos: Energias extremas no universo. *Roteiro RT10*.

Quadro 4. TDC selecionados da revista Scientific American Brasil

Vedral, V. A vida em um mundo Quântico. *Roteiro RT07*.
Ford, H. L.; Roman, T.A. Atalhos no Espaço-Tempo. *Roteiro RT08*.
Barcelos, E. D.; Quillfeldt, J. A. Onde estão todos os outros? *Roteiro RT11*.
Clifton, T.; Ferreira, P. G. Existe mesmo uma energia escura? *Roteiro RT12*.
Gonçalves, O. D. A promissora potencialidade nuclear. *Roteiro RT13*.

Condições de produção: os roteiros de leitura

Conforme a AD, é possível trabalhar a leitura em diferentes condições para a realização da leitura. Assim, para cada TDC foi elaborado um roteiro com a proposição das atividades a serem desenvolvidas pelos estudantes a partir da leitura dos textos, tendo em vista propiciar oportunidades para a constituição de sentidos sobre as controvérsias trazidas pelos textos.

Para cada texto apresentado nos quadros 3 e 4 foi elaborado um roteiro de leitura diferente, objetivando o estudo de aspectos do trabalho científico relacionado com cada temática. Os 13 roteiros de leitura encontram-se disponíveis em Silva (2015).

Em todos os roteiros, a primeira atividade proposta consistiu em um questionário sobre o texto a ser respondido por escrito pela dupla, contendo questões tanto de natureza aberta quanto fechada. O intuito era que os estudantes pudessem expressar seus posicionamentos e buscassem alguma forma de apropriação do discurso científico em relação a certos conceitos.

A segunda atividade envolvia a realização de um debate acerca de uma polêmica sugerida pelo texto, a ser registrado por escrito através de três rodadas argumentativas, nas quais cada integrante da dupla defenderia determinado posicionamento. Por fim, a terceira atividade consistiu na elaboração e apresentação para toda a classe de um seminário acerca da temática de cada TDC. Os roteiros continham ainda um espaço para o grupo registrar um *feedback* sobre as atividades, expressando suas dúvidas e

eventuais sugestões.

Para não tornar o presente artigo extenso demais e considerando que os debates foram analisados em Silva, Zanotello e Velasco (2016), focaremos a análise na produção decorrente das respostas aos questionários e da apresentação dos seminários, que evidenciam elementos suficientes para contribuir para a consecução dos objetivos da pesquisa. Como exemplo, apresentamos partes do roteiro para o texto “Neutrinos: as partículas-fantasma”, mostradas nas Figuras 1 e 2.

Do ponto de vista pedagógico, a leitura dos TDC e as atividades nos roteiros objetivaram fomentar reflexões, ainda que introdutórias, sobre aspectos da prática científica como: a natureza da ciência, seus procedimentos e limites; ética e moralidade nas pesquisas; o gerenciamento das prioridades no investimento científico; a influência de aspectos culturais; diferenças entre teorias, leis e pseudociência; o papel da criatividade, o rigor matemático e o reconhecimento dos trabalhos científicos; a evolução do conhecimento e o embate entre teorias; e os aspectos políticos envolvidos no fazer científico. Cabe ressaltar que cada TDC apresentava uma linha de pesquisa em torno de um problema científico ainda não completamente resolvido, possibilitando que os estudantes tivessem um contato com pesquisas que estão sendo realizadas em seu próprio tempo.

As indicações para organização dos seminários se deram através de questões como: Do que o texto está falando, qual o tema ou assunto apresentado pelo texto? Qual o problema que se coloca? Por que o tema está sendo discutido, por que este tema é importante? Quais são as questões polêmicas apresentadas? Qual resposta você deu as questões apresentadas? Como você inventou o debate sobre tema? Quais foram as suas principais dúvidas sobre o texto? Ao todo, os estudantes realizaram 25 apresentações em forma de seminários, que duraram cinco aulas. O tempo de 15 minutos estabelecido no roteiro foi respeitado na maioria das apresentações. Quando ultrapassado, esse tempo que inclui as discussões chegou ao máximo de 23 minutos. Todas as apresentações foram registradas em vídeo, totalizando quase 6 horas de gravação. A pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade, pela Direção da escola e todos os envolvidos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Fronteiras da Física em debate

Neutrinos e o Método Científico

Professor Wagner
Moreira Abril/2014

ROTEIRO 1

Orientações para leitura do artigo: As misteriosas partículas-fantasma *

O TRABALHO ESTÁ DIVIDIDO EM TRÊS PARTES

- | | |
|---|--|
| 1 | Questionário sobre Os neutrinos |
| 2 | Elaboração de um debate escrito |
| 3 | Apresentação de um seminário sobre o tema |

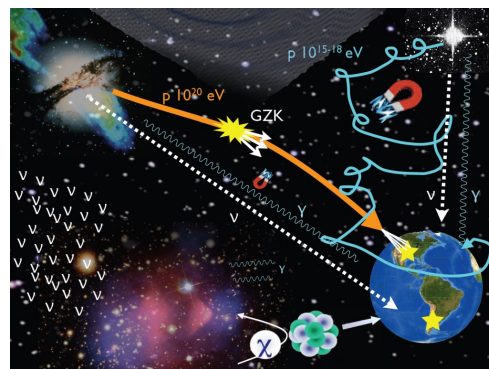
Você acaba de receber um texto que contém as informações básicas sobre uma das indagações mais intrigantes para pesquisa em Física:

1. O que muda no universo agora que sabemos que os neutrinos têm massa?

Esta pergunta, assim como as outras duas questões a seguir, devem ser respondidas individualmente e entregues para professor em uma folha de avaliação contínua. Procure ressaltar em cada resposta seu posicionamento pessoal a respeito da polêmica envolvida no artigo.

O que é afinal o é o neutrino? Pra quê estudá-los? Será que tudo que os cientistas descobrem tem uma utilidade prática para a vida de todo cidadão?

O objetivo desta atividade é fazê-lo refletir sobre o funcionamento do método científico e seus limites na investigação da constituição das coisas. Depois de ler o texto: "Neutrinos as misteriosas partículas-fantasma" responda também as seguintes questões:



O neutrino é uma partícula subatômica sem carga elétrica e que interage com outras partículas apenas por meio da interação gravitacional e da fraca.

2. Quais as possíveis vantagens ou desvantagens de conhecermos o funcionamento e causa dos neutrinos?

3. É possível que um dia a Ciência obtenha resposta para todas as perguntas sobre o Universo?



“A pesquisa com os neutrinos é a prova de que a ciência é a melhor maneira de se obter a verdade!”

Orientações para o seminário:

- O questionário e o debate escrito serão entregues no dia da apresentação.
- O seminário terá duração de 15 minutos e deve conter as informações básicas sobre o artigo e os argumentos elaborados no debate.
- Critérios para avaliação:
 - ⇒ Conteúdo do artigo
 - ⇒ Qualidade do debate
 - ⇒ Criatividade na apresentação

Elaboração do Debate

Depois de responderem as 3 questões anteriores, você e seu parceiro devem realizar um debate sobre o polêmico Neutrino.

O debate deve ser descrito na página 2, contendo no mínimo três rodadas, com argumentos contra e a favor a respeito da seguinte afirmação:

* LIVRO :UM OLHAR PARA O FUTURO. JOÃO DOS ANJOS E CÁSSIO LEITE VIEIRA. RIO DE JANEIRO, 2008. EDITOR CIENTÍFICO | MARCELO MORAES GUZZO (INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN/UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS)

Figura 1. Exemplo de roteiro elaborado para leitura do TDC contendo o questionário

Elaboração do seminário

Após a descrição do debate você vai elaborar com seu grupo um seminário com duração de 15 min (10min apresentação/5min perguntas) sobre o tema do artigo que você leu. Elabore alguns slides e procure inovar na sua apresentação, desde que respeite o tempo estabelecido.

Procure evidenciar os seguintes pontos na sua apresentação:

É permitido o uso de outros ambientes da escola para esta apresentação, seja ousado.

1. Qual era a polêmica apresentada pelo artigo?

2. Qual o problema que se coloca, ou seja, por que o tema está sendo discutido, por que este tema é importante?

3. Qual resposta você deu as questões apresentadas pelo texto e pelo professor?

4. Como você inventou o debate sobre tema? Quem venceu e por que?

Feedback sobre a atividade

Quais foram as dúvidas que você encontrou com a leitura deste artigo? Cite algo que você não entendeu.

O que você achou mais interessante na atividade? O que poderíamos melhorar?

Figura 2. Exemplo de orientações para o seminário e feedback, constantes nos roteiros

Análise da produção dos estudantes

Respostas aos questionários

Na análise das respostas dadas pelos estudantes aos questionários, pretendemos abordar aspectos qualitativos que ilustrem a variedade de suas colocações e permitam uma reflexão sobre as potencialidades e limitações da leitura dos TDC. Os nomes dos estudantes nas transcrições são fictícios.

Neutrinos: as Partículas Fantasma

Aproveitamos o TDC sobre os neutrinos para promover reflexões questionando os estudantes se os conhecimentos científicos são de fato aqueles mais confiáveis e definitivos. Será que tudo é explicável pela Ciência? Será que o conhecimento científico é um conhecimento verdadeiro e real? Somente aquilo que pode ser medido e expresso quantitativamente, ou ser formalizado, pode ser considerado como científico? Essa era a problemática apresentada no roteiro. Os estudantes tinham como desafio relacionar conteúdos veiculados pelo TDC com aspectos pertinentes à natureza do trabalho científico.

A primeira atividade proposta no roteiro consistia em responder a duas questões.

Questão 1. O que afinal é o neutrino? Pra quê estudá-lo? Será que tudo que os cientistas descobrem tem uma utilidade prática para a vida de todo cidadão? O que muda no universo agora que sabemos que os neutrinos têm massa?

Enquanto a dupla da turma 3MA apresentou uma resposta curta e sem maiores tentativas de elaboração, copiando literalmente dizeres do texto num processo de repetição empírica, a dupla da turma 3MB destacou elementos relacionados ao TDC, evidenciando sentidos produzidos a partir do trabalho de leitura.

Têm implicações profundas para a composição e o destino do universo. Acredita-se que essas partículas devam compor uma pequena parcela da matéria escura. (Alice e Robson – 3MA – RT01)

A polêmica que o artigo apresenta é em relação ao decaimento beta, já que o balanço energético não fechava na reação e negava a Lei de Conservação de Energia, faltava um filão de energia no produto, o que levou à pesquisa indicada. [...] os neutrinos, partículas que respondem ao filão de energia do decaimento beta, chegam a Terra pelo sol, esse fluxo é: cada centímetro quadrado da atmosfera terrestre é perfurado, por segundo, por cerca de 60 bilhões de neutrinos solares, dá-se aí a importância de analisar uma partícula tão presente na Terra e um dos fragmentos mais presentes no Universo. (Adriana e Laura – 3MB – RT01)

A expressão “filão de energia” apresentada pela dupla 3MB está contida no TDC. Ao utilizar esse termo, o autor do TDC faz uma analogia entre o papel dos neutrinos no decaimento beta e a massa de minério que preenche uma fenda de rocha, comumente depositada por soluções de água subterrânea, completando-se uma vala com outro tipo de material. A ideia apresentada pelo autor parece ter feito sentido para essas estudantes, já que elas apontaram corretamente o neutrino como “a quantidade energética” que faltava para garantir a lei da conservação de energia. Ao dizerem que: “a atmosfera terrestre é perfurada, por segundo, por cerca de 60 bilhões de neutrinos solares”, as estudantes destacam a enorme quantidade de neutrinos que chega à Terra proveniente do Sol, tentando justificar, assim, alguma utilidade e importância para o estudo dos neutrinos. A dupla 3MB reorganizou trechos das subseções do TDC para construir a resposta, configurando um processo de repetição formal conforme a AD.

Questão 2. Quais as possíveis vantagens ou desvantagens de conhecermos o funcionamento e causa dos neutrinos?

Conhecer o funcionamento dos neutrinos é importante, pois com tantas questões em aberto sobre essa partícula, seu estudo será um dos mais importantes neste início do século. Saber ao certo como funciona o neutrino irá proporcionar muitos avanços para a física. (Alice e Robson – 3MA – RT01)

Os neutrinos são partículas de alta capacidade energética e um dos fragmentos mais presentes do Universo, pode ser comparado à quantidade de fótons, as descobertas em relação as propriedades dele podem trazer grandes vantagens e avanço para o homem no estudo de fissão e energia. A desvantagem em pesquisar nesta área é o custo da análise de partículas tão pequenas e a dificuldade de aprofundar o estudo das propriedades da partícula. (Adriana e Laura – 3MB – RT01)

A dupla da turma 3MA deu uma resposta superficial à questão, não explicitando quais seriam as supostas vantagens e desvantagens de se pesquisar e conhecer mais sobre os neutrinos. Somente copiaram alguns trechos do TDC tornando a resposta genérica, indicando, ao que parece, não ter havido uma construção efetiva de significados sobre o tema por parte desta dupla. Por sua vez, a dupla da turma 3MB conseguiu relacionar certos conteúdos de física, citando o processo energético como uma possível vantagem dos estudos sobre neutrinos e, como desvantagem, o alto custo envolvido em pesquisas desse tipo, informação esta que é apresentada no artigo e retomada pelas estudantes com suas “próprias palavras” de maneira coerente na resposta, evidenciando a ocorrência de outra repetição formal. As respostas da dupla 3MB indicam relações com o TDC, envolvimento com a proposta de trabalho e tentativas de associações com os conteúdos da física, que sinalizam aprendizagens.

A seção de *feedback* nos roteiros consiste em um espaço para que os estudantes apresentem suas impressões sobre a atividade, dúvidas e sugestões para futuras atividades. A dupla 3MB afirmou que:

A dúvida era saber qual a real função do neutrino, já que ele não interage com a matéria foi algo que não ficou muito claro. [...] foi interessante tomar conhecimento sobre essa partícula enigmática que poucos conhecem, mas tem um papel importante nos estudos. (Adriana e Laura – 3MB)

A dupla do 3MA não fez a sessão de *feedback*, mencionando poucas informações do texto em suas respostas, sugerindo que a leitura do TDC pode não ter sido realizada adequadamente, tornando as respostas vagas e sem menção a conceitos físicos. Isto pode ter ocorrido por terem sentido muitas dificuldades na leitura, ou por não se envolverem na atividade. Tanto o roteiro quanto o texto estavam disponíveis no sistema online e os estudantes tiveram pelo menos 10 dias para ter acesso a todas as informações e tirarem suas dúvidas com o professor. O risco de pouco envolvimento dos alunos não é exclusivo do tipo de atividade desenvolvida na presente pesquisa, mas pode ocorrer em diversas situações escolares, das mais habituais às diferenciadas.

De modo geral, o caráter autoritário dos discursos pedagógico e científico parece ter mobilizado a maioria das respostas nas questões mais fechadas sobre os textos. Ao responderem a Questão 1, por exemplo, os estudantes poderiam afirmar que não veem importância nas pesquisas com os neutrinos. No entanto, em todas as respostas colocam que é importante e vantajoso continuar investindo neste tipo de pesquisa, mesmo que não consigam justificar tal posicionamento. Em geral, a escola colabora para a construção de um imaginário social sobre a ciência que confere um caráter de autoridade ao “cientificamente comprovado”, com a voz do professor representando a instituição científica detentora de conhecimentos a serem compartilhados e aceitos como verdadeiros, ainda que suas razões não sejam bem compreendidas.

Os TDC trabalhados apresentam estudos que ainda não se estabeleceram como conhecimentos consensuais no meio científico. Comparando o conhecimento oriundo das pesquisas com os neutrinos com outros conhecimentos mais consolidados da

física, o texto afirma que ainda há problemas em aberto. O caráter da incompletude do conhecimento científico pode tornar-se mais evidente quando se abordam temas de pesquisas contemporâneas. Neste sentido, o trabalho com TDC que tratam destes temas, mesmo que de maneira bastante introdutória no ensino médio, contribui para a formação de uma visão sobre ciências por parte dos alunos que se aproxima da objetivada para a educação científica (Gil Perez et al, 2001).

Biofísica: Duas Visões da Vida

Com o texto sobre biofísica, esperava-se que os estudantes refletissem sobre as responsabilidades dos cientistas ao realizarem experiências com seres humanos, tendo que lidar com questões éticas e morais. Até que ponto a ciência pode intervir nas decisões das pessoas? A moral influencia os trabalhos científicos? De que maneiras?

Questão 1. Como se justifica a existência de um sistema tão complexo como a vida na Terra?

Para quem acredita em criacionismo, Deus é o criador de tudo e de todos. Para quem acredita em evolução, então a vida na terra foi por evoluções. Eu e meu parceiro acreditamos na evolução, que ao longo do tempo, a vida foi mudando por evoluções, até chegar onde estamos, desde a época do Big Bang, e ela continua evoluindo a cada minuto. (Jonathan e Lais – 3MA)

Existem algumas explicações para tal sendo a origem por evolução química a mais aceita pela categoria científica. Essa teoria propõe que a vida surgiu a partir do arranjo entre moléculas mais simples, aliadas a condições ambientais peculiares, formando moléculas cada vez mais complexas até o surgimento de estruturas dotadas de metabolismo e capazes de se auto multiplicar, dando origem aos primeiros seres vivos. (Antônio e Fábio – 3MB)

Na resposta da dupla da turma 3MA nenhum elemento do TDC é explicitado, não há uma tentativa de explicação sobre a seleção natural e os exemplos contidos no texto não são utilizados. A associação entre “processo evolutivo” e “Big Bang” indica certa confusão quanto à distinta escala de tempo entre esses dois eventos e o emprego do termo evolução no contexto biológico. Os estudantes se posicionam a favor da teoria da evolução, mesmo sem tentarem explicá-la, aparentemente baseando sua resposta no senso comum e não indicando um trabalho efetivo com o texto. Por sua vez, a resposta da dupla da turma 3MB é integralmente copiada do TDC, configurando-se numa repetição empírica.

Questão 2. Quais são as últimas pesquisas da área da Biofísica e o que estuda esta área tão diversificada?

A clonagem de animais, células tronco e a vida fora da terra. (Jonathan e Lais – 3MA)

A Biofísica estuda os sistemas vivos do ponto de vista físico e físicoquímico, incluindo a natureza molecular dos sistemas biológicos, os processos dinâmicos de transporte e transformação da matéria biológica, as transformações de energia, a sinalização e a comunicação celular: além da organização dos processos biológicos. Biofísicos famosos

e suas descobertas: Luigi Galvani – Descobridor da Bioeletricidade; Bernard Katz – descoberta do funcionamento das sinapses e Francis Crick – descoberta da estrutura do DNA. (Antônio e Fábio – 3MB)

A dupla 3MA apresentou três áreas de pesquisas em biofísica. O TDC indicava mais de dez linhas, vinculando-as com diversas áreas da física. Os estudantes citaram linhas ligadas à genética por duas vezes, uma associada à clonagem de animais e outra à manipulação de células-tronco, talvez evidenciando um pretense interesse por assuntos que se distanciam da física quando comparados com outros presentes no artigo, tais como máquinas térmicas, entropia ou mecânica quântica.

Por outro lado, a dupla 3MB apresentou como resposta a cópia integral de um parágrafo de um site da internet (<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfIAEAF/resumo-sobre-osfundamentosbiofisica>), os estudantes não mencionam o TDC e nem apontam indicativas de que leram o texto com maior acuidade, finalizando a resposta com indicações de nomes de biofísicos famosos e suas descobertas sem nenhuma associação com o texto. É interessante notar que, justamente em um texto que aborda ética e moralidade, os estudantes fizeram uso de plágio, utilizando outras fontes de informação sem ao menos citá-las. Provavelmente, o receio em apresentar respostas incorretas mobilizou tal comportamento, ou ainda um possível desinteresse pela atividade que os fez buscar uma resposta rápida e pronta. Não consideramos indesejável que os estudantes pesquisem na internet para realizarem suas tarefas, mas esse procedimento necessita ser discutido e mediado pelo professor.

Questão 3. Uma vez conhecidas todas as características mecânicas dos neurônios e seu funcionamento, será possível entender como surgiu a consciência humana e controlar os impulsos nervosos?

Por enquanto, é impossível, porém existem várias teorias. Como vamos controlar algum sentimento? A gente simplesmente sente, é impossível controlar. (Jonathan e Lais – 3MA)

Questão 4. Vimos no artigo como o sistema nervoso nos diversos animais pode ser complexo. Será possível existir vida similar à da Terra em outros lugares do Universo?

Não há provas suficientes para falar “sim, existe”, mas microorganismos já é comprovado. Acreditamos que no futuro essas provas possam aparecer com o tempo, ou que até já tenham, mas não são expostas à população. (Jonathan e Lais – 3MA)

Quando questionados sobre o controle dos impulsos nervosos (Questão 3), a resposta da dupla 3MA é categórica: “É impossível. A gente simplesmente sente, é impossível controlar”. Os estudantes não consideram a concepção de vida biológica apresentada no texto e baseiam-se no senso comum para responderem. O mesmo movimento é identificado na resposta da Questão 4, quando os estudantes insinuam que o conhecimento sobre a vida fora da Terra já pode ser algo comprovado e que a população não possui acesso.

A dupla da turma 3MB não respondeu as questões 3 e 4. Ali, onde teriam maior liberdade para externar suas opiniões, optaram pela abstenção. É importante lembrar

que todos os estudantes tinham a opção de escolher o tema para estudo e que as duplas selecionaram espontaneamente a temática sobre biofísica. Posteriormente, a dupla 3MB admitiu não ter lido o TDC.

A promissora potencialidade nuclear do Brasil

No texto sobre energia nuclear abordam-se impactos sociais e ambientais causados pelos produtos da ciência. De que maneira a ciência pode influenciar as decisões políticas? Quais são os benefícios e desvantagens com a implantação de usinas nucleares? Como os cientistas lidam com a política para gerenciar recursos financeiros que mobilizam a implantação desse tipo tecnologia no Brasil? Essas eram reflexões que se pretendiam mobilizar.

Questão 1. Quais são as reais vantagens e desvantagens na produção de energia nuclear em usinas?

As vantagens são que as usinas nucleares não contribuem para o efeito estufa, não utilizam grandes áreas de terreno, não dependem nem da chuva, nem dos ventos para a produção, tem uma grande disponibilidade de combustível e tem uma pequena quantidade de resíduos. Já as desvantagens são as necessidades de armazenar o resíduo nuclear em locais isolados e protegidos, se acontecer uma explosão nuclear emitirá radioatividade durante muitos anos, causa problemas ambientais, devido ao aquecimento de ecossistemas aquáticos pela água de resfriamentos dos reatores e o seu custo é mais caro comparados a outros tipos de energia. (Daiana e Cristina 3MA).

Na resposta da dupla 3MA notam-se diversos pontos que são apresentados no TDC. Porém, as alunas vão além, trazendo elementos que não estavam presentes no texto, tais como: a não contribuição no efeito estufa, o aquecimento do ecossistema aquático e o custo envolvido na construção de usinas. É provável que elas tenham buscado outras fontes de informações para a construção da resposta. Neste caso, o uso de fontes alternativas parece ter contribuído de maneira positiva, viabilizando o estabelecimento de relações entre o texto e a polêmica proposta. Assim, identifica-se a ocorrência de uma repetição histórica no âmbito da AD, na qual o leitor interpreta filiando-se à sua memória discursiva, relacionando os dizeres do texto a outros discursos e, ao repetir, produz efeitos de deriva que indicam a constituição de sentidos.

Questão 2. Descreva qual é o principal argumento dos que defendem a implantação de usinas nucleares no mundo. E também qual o principal argumento dos que são contra a implantação de usinas nucleares?

O principal argumento a favor é que as usinas nucleares não emitem gases estufas, assim não ajudam o aquecimento global. Mas o principal argumento contra é que, se acontecer uma explosão, os danos causados pela radioatividade são gravíssimos como aconteceu em Chernobyl e Fukushima. (Daiana e Cristina 3MA)

Estes argumentos estão entre os mais comuns nos debates sobre a implantação de usinas nucleares, mas a menção à usina de Fukushima no contexto apresentado no roteiro de leitura não era esperada. Isto porque este acidente ocorreu dois anos depois

da publicação deste TDC, o que reforça o indício da ocorrência de um processo de repetição histórica na leitura da dupla 3MA.

Identificação das polêmicas científicas

O gráfico na figura 3 apresenta quantitativamente a identificação das polêmicas por parte dos estudantes, realizada a partir da análise das respostas às questões.

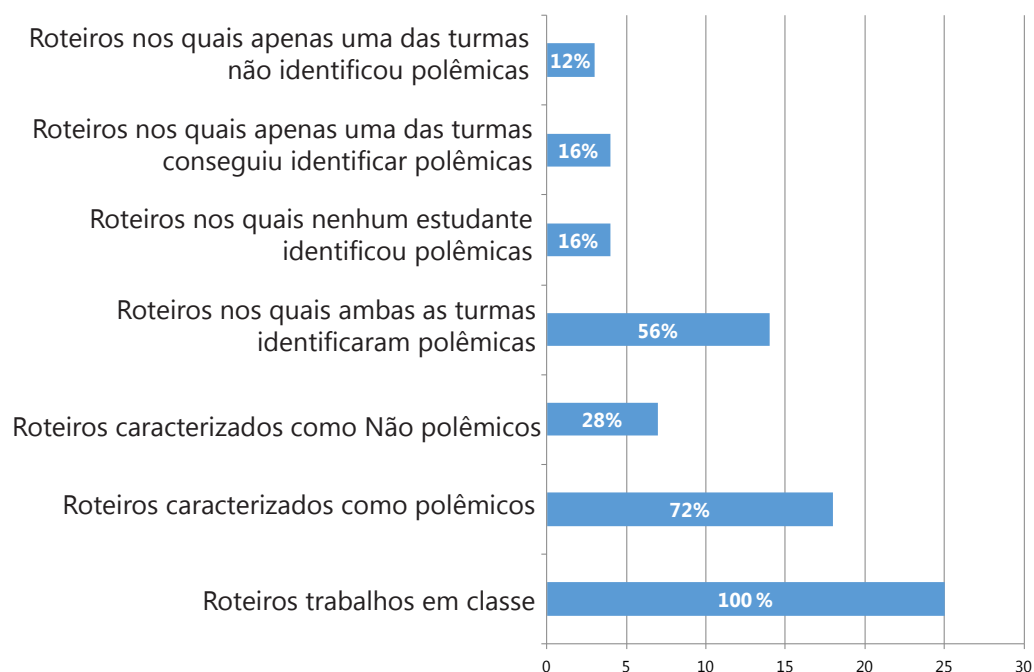


Figura 3. Quantidade de roteiros identificados como polêmicos pelos estudantes

Registraram-se 7 casos (28% dos roteiros) nos quais ao menos uma das duplas não conseguiu relacionar o conteúdo do texto com as polêmicas. Nesses casos, os roteiros não mobilizaram as discussões esperadas sobre as polêmicas, mas ao menos orientaram a leitura dos TDC, como, por exemplo, o roteiro RT08 no qual foi planejado estabelecer uma relação entre os conhecimentos básicos sobre Buracos de Minhoca e os abusos que alguns materiais de ficção científica cometem ao abordá-los. Esperava-se que os estudantes discutissem sobre as implicações que a má divulgação da ciência pode produzir sobre a aprendizagem através de equívocos conceituais, excesso de analogias ou reducionismos, debatendo as diferenças entre ciência e pseudociência. Ao invés disso, os alunos concentraram esforços em explicar o que seria a dilatação do tempo, contração do espaço e as múltiplas dimensões, focando a abordagem em conceitos da física e relatando que a atividade foi produtiva.

Na área de feedback alguns alunos destacaram suas percepções às polêmicas:

Achamos todo tema interessante. No entanto, poderia melhorar o roteiro com um resumo do tema com nível acadêmico para melhor compreensão e estudo dos alunos. (Gomes e Gustavo – 3MA – AT05)

Com a pergunta chave do roteiro RT08 “Realmente é possível viajar no Espaço-Tempo? ”, a intenção era que os estudantes apresentassem argumentos científicos e exemplos provindos da ficção científica para configurarem uma problemática. Ao invés disso, as respostas focaram-se no conteúdo do TDC, estabelecendo um consenso entre os leitores.

Se levarmos em relação um futuro próximo de 10 anos acreditamos que realmente ainda não será possível (viajar no tempo-espaço), pois nossa tecnologia não terá esta capacidade. (Gomes e Gustavo – 3MA)

Ao pesquisarmos sobre o assunto vemos que é impossível um corpo que possua massa viajar mais rápido que a velocidade da luz. (Vanessa e Airton – 3MB)

Para a dupla da turma 3MB, a concepção de polêmica teve outra conotação, conforme relata a estudante Vanessa:

O tema é bastante polêmico e nós gostamos de discutir ele, era um tema que já tinha ouvido várias vezes, porém sem nunca aprofundar para conhecer um pouco mais. (Vanessa – 3MB)

Segundo Vanessa, o tema “viagens no Espaço-Tempo” era polêmico pelo fato dela não ter clareza sobre alguns conceitos de relatividade, como a dilatação do tempo e a contração do espaço. O que lhe suscitava dúvidas era a compreensão desses termos técnicos, que parecem ter sido esclarecidos quando analisado seu seminário.

Considerando esses aspectos, os seminários escolhidos para análise foram os que consideramos mais polêmicos, priorizando também apresentações que demonstraram maior potencial para aprendizagens e relações com os TDC.

Os seminários

Aspectos gerais

As duas turmas participantes da pesquisa realizaram ao todo 25 seminários registrados em vídeo ao longo de uma semana de aula. As orientações contidas nos roteiros e a natureza dos temas escolhidos mobilizaram uma diversidade de estratégias para apresentação dos seminários.

No roteiro RT06 sobre nanotecnologia, os estudantes alegaram não terem encontrado muitas informações sobre biossegurança, não concentrando atenção nas polêmicas previstas. Tanto na turma 3MA como na turma 3MB, os estudantes se detiveram na apresentação de patentes científicas, ilustrando certas aplicações tecnológicas que se embasavam nos conhecimentos da nanociência. De maneira semelhante, o seminário sobre supercordas da turma 3MB (ver RT04 – Quadro 3) também não evidenciou características sobre o suposto “modismo na ciência”, com os alunos apresentando corretamente a história sobre a teoria das cordas. O seminário sobre os raios cósmicos apresentou características similares, pois este roteiro foi rejeitado pela turma 3MB e a dupla da turma 3MA que o escolheu não mobilizou diálogos argumentativos. No

seminário, as alunas abordaram a cronologia das descobertas dos raios cósmicos, sem discutir o papel institucional da ciência e mencionar as pesquisas brasileiras nesse campo.

Algumas apresentações foram feitas de maneira tradicional, com foco na transmissão de conhecimentos. Os estudantes seguiram as orientações contidas nos roteiros e mencionaram as polêmicas presentes nas respectivas temáticas, atribuindo a elas papel secundário e focando no conteúdo do texto. Nove seminários evidenciaram estas características, associados aos roteiros RT01A, RT04A, RT11B, RT12B, RT07A, RT09B, RT02A, RT03B e RT13A.

Outros seminários inovaram na apresentação, conseguindo gerenciar a atividade de maneira criativa. O seminário sobre o roteiro RT02 apresentado pelos estudantes da turma 3MB explorou a física quântica através de um game que falava sobre o computador quântico. Nesta mesma turma, em outro seminário que falava sobre física quântica e misticismo (roteiro RT07), foi realizado um debate entre um místico e um cientista, com os estudantes se fantasiando e encenando em suas falas.

Na turma 3MA, no seminário sobre aceleradores de partículas e investimento financeiro (roteiro RT03), os estudantes criaram um vídeo informativo sobre o funcionamento do LHC. Nesta turma, na apresentação do roteiro RT08 sobre buracos de minhoca e ficção científica, os estudantes desenvolveram um miniteatro simulando possíveis configurações de universos paralelos e viagens no espaço-tempo.

Também elaborando um seminário em forma de teatro, os alunos da turma 3MA apresentaram uma contenda entre um religioso e um cientista para falar sobre cosmogonia e cosmologia (roteiro RT09). Por fim, no seminário sobre matéria e energia escura (roteiro RT12), os estudantes realizaram um experimento didático qualitativo, no qual faziam alusão à expansão do universo por meio da suposta matéria escura.

Por fim, houve os seminários que geraram maiores discussões em sala de aula. Ao término de cada apresentação, os próprios estudantes mediavam diálogos argumentativos em torno de suas temáticas. Na turma 3MA, destacou-se a apresentação sobre vida fora da Terra (RT11). Os alunos conseguiram criar um ambiente de mistério, organizando um cenário nos moldes do seriado sobre investigação científica CSI e apresentando casos sobre supostas aparições alienígenas. Outro seminário polêmico nesta mesma turma foi sobre clonagem humana (roteiro RT05). Utilizando vídeos para mobilizar discussões com seus pares, esses alunos exploraram algumas relações entre a ética e ciência.

Na turma 3MB, foram quatro os seminários que geraram discussões. O primeiro deles colocava em pauta a forma como a ciência busca seus conhecimentos (RT01 sobre os neutrinos). Em seguida, o roteiro RT05 sobre clonagem humana novamente. Porém, nesta turma se discutiu sobre um caso hipotético em que um pai determina características intelectuais do filho por meio de manipulação genética. Os alunos dividiram opiniões gerando um inflamado debate argumentativo. Com a apresentação do roteiro RT08 sobre os buracos de minhoca, discutiu-se sobre teorias da conspiração envolvendo viagens para o espaço e tecnologias ficcionais. No seminário sobre usinas nucleares (RT13), os

estudantes utilizaram vídeos sobre acidentes nucleares, estabelecendo-se uma discussão sobre as desvantagens e as vantagens da instalação de usinas nucleares no Brasil.

Tendo em vista o objetivo de se identificar posicionamentos críticos dos estudantes e como eles debatem sobre conteúdos dos TDC, optamos pela análise dos seminários que geraram as maiores discussões: 6 seminários correspondentes aos roteiros RT01B, RT08B, RT13B, RT11A, RT05A e RT05B. Dentre estes, foram três os seminários selecionados para análise, por ilustrarem situações nas quais aprendizagens e argumentações foram evidenciadas: RT08B, RT01B e RT13B.

Buracos de Minhoca

Após apresentar como seria uma viagem para um planeta muito distante da Terra, Airton explica que, mesmo na velocidade da luz, seriam necessários muitos anos para chegar lá e indica o buraco de minhoca como uma solução para este problema:

A gente quer... quer dizer, os cientistas querem e eu também (risos), conseguir transformar todo esse potencial dos Buracos de Minhoca numa coisa que a gente realmente vai usar na vida [...] aqui a gente consegue ir do ponto A ao ponto B em bem menos tempo. Tranquilo? (A sala permanece em silêncio e Airton continua) Não vai gerar muito “Aí meu Deus mas se a gente não fizer isso os bichinhos vão morrer!” (simula a fala de outra pessoa) Não vai gerar muita discordância. Não é um tema polêmico. Mas é um tema bacana de você estudar e imaginar as coisas. (Airton)

O silêncio do restante da turma parece incomodá-lo e, por diversas formas, tenta explicar-se mais detalhadamente. Para ajudá-lo, Vanessa comenta sobre alguns conceitos de relatividade:

Então é... Eu tava pesquisando sobre a Teoria da Relatividade e eu vi que é assim. Foi ontem que as meninas estavam explicando sobre os neutrinos? Enfim... É... basicamente é impossível um corpo que tem massa viajar mais rápido que a velocidade da luz. Isso é comprovado, não dá. Só que é possível acelerar no tempo. Então vamos supor que eu e o Airton somos irmãos gêmeos. (Vanessa)

Airton começa a simular que está dirigindo uma “máquina do tempo” e Vanessa continua:

Ele começa a viajar no tempo... bem rápido. Só que neste tempo ele viajou. Se eu falar errado você me ajuda (apontando para seu parceiro e retoma sua fala) Neste meio tempo que ele viajou ele envelheceu um pouco e eu neste mesmo tempo envelheci mais que ele... então assim... vou dar uma base, é mais ou menos isso. Se o Airton viajou no tempo vamos supor que ele envelheceu três anos e nesse tempo em que ele envelheceu três anos eu envelheci três minutos. (Vanessa)

Rapidamente Airton corrige a amiga: “Não, é ao contrário”. Vanessa começa a refletir e exclama: “Ué... é ao contrário?” Airton explica:

A Teoria da Relatividade diz que quanto maior sua velocidade, menor o tempo passa para você. (Vanessa exclama novamente: “Ah é!... é assim mesmo continua aí.”). Quando você

fala da velocidade da luz você tem que entender que é muito rápido... quanto mais rápido você estiver mais devagar se passa o tempo. Uma hora pra você é tipo 24 horas na Terra. Eu vou arredondar assim de maneira nojenta. Então se eu pegar e me colocar numa sonda que viaja na velocidade da luz e viajar por é... 63 anos. Quando eu voltar pra Vanessa vai ter passado 63 anos (aponta para sua parceira) pra mim vão passar só alguns meses e eu vou ter envelhecido só esses meses, quando eu voltar a Vanessa vai ter envelhecido 63 anos. Porque o tempo passou pra mim diferente, devido a minha velocidade. (Airton)

Apesar de não terem reconhecido a polêmica planejada no roteiro e não estarem propriamente em um debate, nota-se o aspecto retórico que a dupla desenvolve. Os gestos realizados pelos estudantes na encenação ou quando explicavam o conceito físico, demonstram que houve uma preparação para o seminário; ocorreu uma discussão prévia sobre o assunto, os alunos estudaram sobre o tema e mesmo assim ainda não estavam esclarecidos certos conceitos sobre a relatividade até aquele momento. Ao corrigir sua colega, Airton demonstra que estava atento às explicações dela. Ao assumir seu engano, Vanessa não se mostra constrangida e incentiva seu colega a esclarecer com maior detalhe a informação que acaba de fornecer. Consideramos que dificilmente se teria uma produção de sentido tão eficaz quanto essa em uma aula expositiva.

Consideramos o seminário de Airton e Vanessa relevante por destacar três características fundamentais para formação dos estudantes: elaboração de sínteses estruturadas sobre temas voltados ao estudo da FC; organização de fontes de informações, formas de obter informações relevantes e interpretar as informações contidas nos TDC; clareza na comunicação dos conhecimentos científicos, essencial para fundamentação dos conceitos da física, buscando um tipo de expressão que utilizasse uma linguagem adequada para compressão do que se falava para seus colegas de classe.

Energia Nuclear

Os trechos transcritos a seguir correspondem ao seminário realizado na turma 3MB sobre a implantação das usinas nucleares no Brasil. Após a explicação sobre o funcionamento da fissão nuclear e de que maneira ocorreram os acidentes em Chernobyl, Goiânia e Fukushima, o grupo inicia a reflexão:

Como vocês puderam ver ainda não se sabe se é vantajoso ou não o uso das Usinas Nucleares. Você vê que em qualquer lugar que você procurar vai ter sempre muita coisa boa e também muita coisa ruim. Posicionamentos contra e a favor, em qualquer documentário que você procurar, e por isso a gente vai abrir o debate pra vocês. Depois de tudo que vocês viram... [o aluno vira para lousa e lê sobre a polêmica] a implantação de usinas nucleares no Brasil é absolutamente rentável e segura? (Ivan)

Rapidamente Airton responde:

Sim! É difícil uma usina nuclear vazar hoje em dia, o último grande acidente, onde morreu várias pessoas, foi em Chernobyl, que ocorreu na União Soviética, onde não existia mão de obra adequada. As pessoas que trabalhavam lá não eram especializadas naquilo. (Airton)

E Gisele retruca:

É difícil, mas pode acontecer. Eu não concordo! E se estourar alguma coisa? A possibilidade é pequena, mas existe. Vocês viram a situação das pessoas em Chernobyl, mano eu não quero ficar assim. (Gisele)

Já nesta primeira sequência podemos observar uma discussão sobre a implantação das usinas nucleares, favorecida, provavelmente, tanto pela maneira como Ivan conduziu a abertura do tema como por sua própria natureza controversa. Na ocasião, a dupla responsável pelo seminário apresentou uma série de fotografias das vítimas em Chernobyl, o que parece ter sensibilizado os colegas, conforme o relato de Gisele. Ao manifestar seu posicionamento, Airton tenta construir um argumento em defesa a seu ponto de vista. Mas, ainda que as condições técnicas e a falta de mão de obra adequada colaborassem para o ocorrido em Chernobyl, não se garante o desenvolvimento de maior segurança em usinas nucleares na atualidade. Conforme ressalta Gisele, a conclusão de Airton é provável, assim como também é provável a ocorrência de acidentes no futuro.

Percebendo que o argumento de Airton tenderia a fugir do assunto em questão, Ivan retoma a palavra e inicia-se nova sequência dialogada:

Mas a questão é aqui no Brasil, Angra 1 e Angra 2, vocês acham que é bom ou ruim pra gente? (Ivan)

Falei da Rússia porque eles mataram aquela quantidade de gente por falta de preparação. O Brasil já está preparado, inclusive em algumas reportagens que eu vi as usinas no Brasil são mais seguras do que as do Japão, eles investiram muito em segurança. (Airton)

É, a gente corre o risco em tudo. Se você está andando de avião ele pode cair, é a mesma coisa. (Mário)

Hoje em dia, o único caso que deu problema na usina foi lá no Japão e só ocorreu por causa do tsunami. Parentes meus que moram lá perto da usina falaram que mesmo com os terremotos a usina aguentou bastante. E também não morreu ninguém por lá como aconteceu em Chernobyl. (Heitor)

Nesta sequência, Airton consegue duas filiações para sua defesa. Mário e Heitor reforçam a ideia de que o Brasil está preparado tecnicamente para o gerenciamento de usinas nucleares, afirmando que vale a pena correr o risco dos acidentes já que, na opinião deles, é pouco provável que ocorra algum.

Ivan gerencia a realização de perguntas interpelando seus colegas:

Vocês que são contra o uso de energia nuclear conseguiriam ficar sem energia elétrica? (Ivan)

Mas, a Márcia leu ali que tem outras fontes de energia. Calma, a gente depende apenas da usina nuclear que vocês acabaram de explicar? (Gisele)

Não é possível utilizar a usina nuclear quando tipo... como um ponto de escape. Vamos supor que a gente tem todas as outras formas de produção de energia, então por enquanto a gente não usa a usina nuclear. (Vanessa)

Tem um “porém” nesta sua sugestão. O principal material para produção de energia nuclear é o urânio e nós temos este elemento em abundância. Eu cheguei a ver na pesquisa que uma quantidade de urânio correspondente ao tamanho de uma bala pode sustentar uma casa inteira durante um dia todo, só pra vocês terem uma noção de como é rentável. (Tatiane)

O acidente nas usinas foi devido à falha humana e não à tecnologia. É importante frisar isso. Em Chernobyl foram seis os erros encontrados e os responsáveis tentaram encobrir tudo. (Márcia)

Fica evidente, por este diálogo, o medo que as estudantes possuem dos acidentes com as usinas nucleares. Vanessa sugere utilizar tal recurso em último caso, atestando a influência que os acidentes apresentados pelo grupo no seminário produziram em seu imaginário. Diante do temor das colegas, Tatiane resgata um dos principais argumentos apresentados no TDC. Trata-se de uma justificativa da preferência do grupo 3MB pela implantação das usinas nucleares. Os estudantes souberam identificar uma oportunidade para confirmarem seu posicionamento com um argumento válido, tomando como referência informações contidas no TDC. Após este diálogo, não surgem outras perguntas e os estudantes encerram o seminário.

Sobre este seminário, destacam-se dois resultados positivos. O primeiro refere-se à autonomia dos estudantes no gerenciamento dos diálogos sobre usinas nucleares. O fato de terem refletido sobre a polêmica com antecedência e lido o TDC para embasamento forneceu subsídios para que conduzissem a discussão com seus pares sem interferência do professor. Ao longo dos 20 minutos, os estudantes organizaram as falas dos colegas e mobilizaram as problemáticas sobre o tema. O segundo ponto a destacar é que, ao apresentarem o seminário, os estudantes poderiam se limitar a explicar pontos selecionados e expor seu posicionamento sobre o assunto.

No entanto, a maneira como foi realizada esta atividade indica o interesse deles em conhecer o posicionamento dos demais colegas de classe sobre o assunto que estudaram.

Considerações Finais

Na perspectiva da AD francesa, a leitura é passível de ser trabalhada e aprendida em determinadas condições de produção. Os leitores atribuem relevância a determinados aspectos que lhes foram mais significativos. Existe a influência das relações intertextuais que conseguem estabelecer, da situação em que se encontram e das imagens que têm de si mesmos, dos interlocutores e dos referentes. A incompletude do texto é evidenciada pela multiplicidade de sentidos possíveis, característica de qualquer discurso. Nesta pesquisa, os TDC, os roteiros e as atividades escritas e orais que foram desenvolvidas configuram-se como condições de produção de sentidos; isto é, possibilidades para que os estudantes trabalhem suas relações com o simbólico objetivando a construção de conhecimentos em maior consonância com o discurso científico veiculado na escola e que assumam posicionamentos reflexivos e críticos sobre temas contemporâneos.

A partir da realização deste estudo, ressaltamos alguns aspectos que podem

subsidiar pesquisas na área de ensino de ciências e práticas em sala de aula. O primeiro refere-se à utilização de TDC como recurso para abordar temas atuais que normalmente não são contemplados nos manuais didáticos oficiais. Os TDC, sejam virtuais ou impressos, propiciam o contato das pessoas com certas características do mundo científico que podem ser mediadas na escola com vistas a uma educação científica e cidadã. Mas, seria equivocado propor essas leituras como se faz com os livros ou manuais didáticos usuais, uma vez que elas mobilizam diferentes interdiscursos e, por isso, propiciam variadas aprendizagens, cada qual com seu valor. O uso de distintos gêneros textuais nas aulas de ciências e a abordagem de temáticas contemporâneas de pesquisas passa pelo reconhecimento de que serão propiciadas situações de aprendizagens que não se limitam à internalização descontextualizada de conceitos e à capacidade de fornecer respostas prontas a questões fechadas e exercícios que privilegiam memorização e repetição.

Um segundo aspecto diz respeito aos gestos de interpretação dos estudantes, evidenciados na análise de suas produções e que revelam o desenvolvimento de certo senso crítico. As controvérsias e polêmicas relativas aos assuntos tratados nos TDC e as diferentes formas pelas quais os estudantes puderam se expressar, tanto por escrito como através dos seminários, viabilizaram um exercício de reflexão e criticidade. Os resultados indicam que o trabalho realizado oportunizou aprendizagens entre os estudantes que, ao debaterem sobre as ciências, seus métodos, implicações e limites de investigação, puderam relacionar informações pertinentes à física e formularem opiniões com reais condições de dialogar com temas de seu tempo.

Com relação aos obstáculos para esse tipo de ação, cabe destacar a colocação de alguns estudantes sobre dificuldades que enfrentaram no entendimento dos textos. Apesar da divulgação científica se preocupar em produzir textos em linguagem acessível a um público leigo, ainda assim os textos podem resultar em difícil compreensão. Nesse caso, os estudantes respaldaram-se fundamentalmente no senso comum para construção de suas respostas e diálogos. Do ponto de vista do professor, o planejamento dos textos que pretende usar, das atividades que serão propostas e da maneira como as avaliará está relacionado às suas concepções e intensões pedagógicas, que devem estar claramente definidas. Se o objetivo é promover discussões e reflexões sobre temas controversos, um discurso pedagógico impositivo pode limitar o posicionamento pessoal dos estudantes que, ao invés de colocarem suas posições sobre a polêmica, tentam garantir, por exemplo, uma melhor nota. Isto se observa quando há uma ocorrência excessiva de repetições empíricas e formais, principalmente nas respostas por escrito aos questionários.

Consideramos ter contribuído para uma reflexão sobre o uso de TDC em situações escolares, evidenciando a necessidade de que as atividades que sejam propostas estejam fundamentadas inicialmente em uma clara concepção de leitura. Neste trabalho, adotamos a perspectiva da análise de discurso francesa, com foco na criação de condições de produção de sentidos. Os TDC não foram lidos apenas com o intuito de obter informações, ainda que isto aconteça no processo de interpretação. A mediação da leitura se configurou como uma abordagem que estimulou a manifestação

de sentidos. Além disso, os TDC geralmente abordam temas atuais, que estão sendo investigados e, por vezes, ainda não comportam respostas fechadas ou consensuais. Este aspecto ilustra ao leitor/estudante o caráter inacabado, típico da natureza da ciência, bem como os debates que a ciência pode suscitar em sua relação com a sociedade, por exemplo, em questões ambientais e éticas. A diversidade observada nas apresentações dos seminários atesta a potencialidade desta estratégia como alternativa para trabalhar a leitura de TDC em aulas de disciplinas científicas.

Oferecer escolhas aos estudantes no que diz respeito aos textos que serão lidos, o envolvimento com as temáticas e a participação ativa na organização das atividades, aparentemente favoreceu a constituição de posicionamentos críticos e autônomos sobre os objetos de estudo. Proceder desse modo se configurou como um passo para a formação de um ambiente de ensino e aprendizagem capaz de conferir maior protagonismo aos estudantes, algo que nos parece indispensável se desejamos formar sujeitos socialmente participativos e inseridos em seu tempo.

Referências

- Almeida, M. J. P. M. (1998). O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In M. J. P. M. Almeida, & H. C. Silva, Associação de Leitura do Brasil (Orgs.). *Linguagens, leituras e ensino da ciência* (pp.47–60). Campinas, SP: Mercado de Letras.
- Almeida, M. J. P. M. (2004). *Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis*. Campinas: Mercado das letras.
- Almeida, M. J. P. M., & Sorpreso, T. P. (2011). Dispositivo Analítico para Compreensão da Leitura de diferentes Tipos Textuais: exemplos referentes à física. *Pró-Posições* (UNICAMP. Impresso), 22(1), 83–95.
- Alveti, M. A. S. (1999). Ensino de física moderna e contemporânea e a revista Ciência Hoje. (Dissertação de Mestrado em Educação). Centro de Ciências da Educação. Florianópolis: UFSC.
- Anjos, J. C. C., & Vieira, C. L. (2009). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente.
- Anjos, J. C. C., & Shellard, R.C. (2009). Raios Cósmicos: Energias extremas no universo. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente, (pp. 74–93). Disponível em http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Raios_cosmicos.pdf
- Barcelos, E. D., & Quillfeldt, J. A. Onde estão todos os outros? *Scientific American Brasil*, 2(19), 28–35, 2003.

- Barros, H. L., & Avalos, D. (2009). A. Biofísica: Duas visões da vida. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente (pp. 140–157). Disponível em <http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Biofisica.pdf>
- Bediaga, I. (2009). LHC: O gigante criador de matéria. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira, (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente (pp. 172–189). Disponível em <http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/LHC.pdf>
- Berkovits, N. (2009). Supercordas. O sonho da unificação das quatro forças da natureza. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente (pp. 158–1171). Disponível em <http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Supercordas.pdf>
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Um olhar para o futuro: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto editora.
- Clifton, T., & Ferreira, P. G. (2011). Existe mesmo uma energia escura? *Scientific American Brasil*, Edição Especial Fronteiras da Física, 5, 37–45.
- Ferreira, L. N. A., & Queiroz, S. L. (2012). Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. *Alexandria* (UFSC), 5, 1–31.
- Ford, H. L., & Roman, T. A. (2011). Atalhos no Espaço-Tempo. *Scientific American Brasil*, Edição Especial Fronteiras da Física, 26, 85–91.
- Gadet, F., & Hak, T. (2011). *Por uma análise automática do discurso: uma introdução à obra de Michel Pêcheux* (3a ed.). Campinas: Unicamp.
- Gil Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125–153.
- Gonçalves, O. D. A. (2001). A promissora potencialidade nuclear. *Scientific American Brasil*, Edição Especial Todas as Fontes de Energia, 32, 22–26.
- Guerra, A., Braga, M., & Reis, J. C. (2007). Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(4), 575–583.
- Guzzo, M. M. (2009). Neutrinos: as partículas fantasmas. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente, (pp. 124–139). Disponível em <http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Neutrinos.pdf>

- Kemp, E., Barros, H. L., Anjos, J., Knobel, M., & Murriello, S. (2009). Nanociência e Nanotecnologia Modelando o futuro átomo por átomo. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente, (pp. 140–157). Disponível em http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Nanociencia_e_nantecnologia.pdf
- Makler, M. (2009). Cosmologia: a busca pela origem, evolução e estrutura do universo. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente (pp. 94–109). Disponível em <http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Cosmologia.pdf>
- Martins, I., Nascimento, T. G., & Abreu, T. B. (2004). Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(1), 95–111.
- Megid Neto, J. (2011). Gêneros de trabalho científico e tipos de pesquisa. In M. U. Kleinke, & J. Megid Neto (orgs.). *Fundamentos de matemática, ciências e informática para os anos iniciais do ensino fundamental – Livro III*. Campinas, SP: FE/UNICAMP, (pp.125–132).
- Melo, W. C.; Hosoume, Y. (2003). O jornal em sala de aula: uma proposta de utilização. Anais do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba, Curitiba: SBF.
- Moreira, I. C. (1998). *Metamorfozes da física nos anos 40*. Ciência Hoje. Rio de Janeiro, SBPC, 24(140).
- Oliveira, I. S. (2009). Informação Quântica do teleporte à última fronteira da computação. In J. C. C. Anjos, & C. L. Vieira (Orgs.). *Um olhar para o futuro: desafios da física para o século 21*. Rio de Janeiro: Vieira e Lente (pp.110–123). Disponível em http://www.cbpf.br/~desafios/media/livro/Informacao_quantica.pdf
- Orlandi, E. P. (1998). Paráfrase e Polissemia: a fluidez nos limites do simbólico. *RUA: Revista Universitária Audiovisual*, Campinas, 4, 9–19.
- Orlandi, E. P. (2009). *A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso*. 5a ed. Campinas, SP: Pontes.
- Orlandi, E. P. (2010). *Análise de Discurso: princípios e procedimentos*. Campinas, SP: Pontes.
- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (1998). *Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média: um Estudo com a Técnica Delphi*. Atas do Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, Florianópolis: Imprensa Universitária da UFSC.
- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), 23–48.

- Perticarrari, A., Trigo, F. R.; Barbieri, M. R., & Covas, D. T. (2010). O uso de textos de divulgação científica para o ensino de conceitos sobre Ecologia a estudantes da Educação Básica. *Ciência & Educação*. Bauru, 16(2), 369–386.
- Pinto, G. A. (2007). *Divulgação científica como literatura e o ensino de ciências*. (Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo).
- Pinto, A. C., & Zanetic, J. (2007). É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 16(1), 7–34.
- Salém, S., & Kawamura, M. R. (1996). *O texto de divulgação e o texto didático: conhecimentos diferentes?* Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física. Belo Horizonte: SBF
- Silva, H. C., & Almeida, M. J. P. M. (2005). O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 1–25.
- Silva, J. A., & Kawamura, M. R. D. (2001). A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(3), 317–340.
- Silva, L. L., & Almeida, M. J. P. M. (2011). A leitura da relatividade restrita por meio de textos de divulgação: posições de estudantes de física em formação inicial. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*. 7(1),1–6.
- Silva, W. M. D. (2015). *A construção de debates com textos de divulgação científica: discursos sobre a física contemporânea no ensino médio*. (Dissertação de Mestrado em Ensino, História, Filosofia das Ciências e Matemática, Universidade Federal do ABC, Santo André.).
- Silva, W. M. D., Velasco, P. D. N., & Zanotello, M. (2016). O Debate na Perspectiva da Lógica Informal: Uma Abordagem para Análise da Argumentação em Aulas de Ciências. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(2), 99–127. doi: 10.1590/1983-21172016180205
- Terrazzan, E. A., & Gabana, M. (2003). Um estudo sobre o uso de atividade didática com texto de divulgação científica em aulas de física. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru. (CD-ROM).
- Vedral, V. (2011). A vida em um mundo Quântico. *Scientific American Brasil*, 110, 30–35
- Vieira, C. L. (1999). *Pequeno manual de divulgação científica: dicas para cientistas e divulgadores de ciência* (2a ed). Rio de Janeiro: Ciência Hoje/Faperj
- Zamboni, L. M. S. (1997). *Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica*. 1997. (Tese de Doutorado). Instituto de Estudos da Linguagem da UNICAMP.
- Zamorano, R. O., Moro, L. E., & Gibbs, H. M. (2011). Aproximación didáctica a la termodinámica con modelos y literatura de ciencia ficción. *Ciência & Educação*, 17(2), 401–419.

Wagner Moreira da Silva

 orcid.org/0000-0001-6765-0313

Centro Educacional SESI 069

Universidade Federal do ABC

Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino e Aprendizagem de Ciências

Santo André, Brasil

wagnermoreira@outlook.com

Marcelo Zanotello

 <http://orcid.org/0000-0003-2661-8637>

Universidade Federal do ABC

Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino e Aprendizagem de Ciências

Santo André, Brasil

marcelo.zanotello@ufabc.edu.br

Submetido em 25 de Agosto de 2015

Aceito em 23 de Fevereiro de 2017

Publicado em 30 de Abril de 2017