

Pesquisa em Ensino de Física

Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton

(Production of senses and possibilities of intervention in the physics teaching to high school students: the reading of a book on Isaac Newton)

Marcelo Zanotello¹ e Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil
Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil

Recebido em 7/12/2006; Aceito em 12/2/2007

Neste trabalho são apresentados e analisados aspectos da produção de sentidos por alunos do ensino médio, na leitura de um livro sobre a vida e obra de Isaac Newton, a partir do registro escrito das respostas dos mesmos a um questionário. As perguntas são propostas com o objetivo de possibilitar aos leitores expressarem como interagiram com o material lido, no que se refere principalmente ao estilo adotado pelo autor do livro e aos conteúdos de física abordados. O suporte teórico utilizado é a Análise de Discurso na linha francesa, conforme divulgada amplamente no Brasil por Eni Orlandi. A leitura de textos de divulgação científica no ambiente escolar se constitui em uma atividade diferenciada em relação ao desenvolvimento das aulas de física que geralmente se observa nas escolas. Os relatos recolhidos revelam uma variedade de possibilidades de intervenção do professor para auxiliar de modo efetivo no processo de aprendizagem da física e na construção de uma cultura científica por parte dos estudantes.

Palavras-chave: ensino de física, física newtoniana, leitura, divulgação científica, produção de sentidos.

This paper presents and analyses aspects of the production of senses by high school students through the analysis of written answers to a questionnaire about a book on the life and works of Isaac Newton. The questions are addressed with the objective of making it possible for the readers to share their accounts of how they have interacted with the read material, especially concerning the author's writing style and the Physics contents brought by the book. The theoretical support of this paper lies on the French Discourse Analysis, largely spread in Brazil by Eni Orlandi. The reading of scientific texts in the school environment stands out as a different activity compared to the standards of the Physics classes regularly observed at schools. The collected reports reveal several possibilities of teacher intervention in order to give way to a more effective learning process in the field of physics and also to the building of a scientific culture among high school students.

Keywords: physics teaching, Newton physics, reading, scientific divulgation, production of senses.

1. Introdução e justificativas

O desenvolvimento das aulas de física no ensino médio se dá basicamente através de livros didáticos ou apostilas que apresentam um breve resumo das teorias físicas, seguido pela resolução de exercícios, em geral organizados de modo a produzir apenas uma repetição sistemática de procedimentos. Essa prática muito comum limita o ensino de física a uma mera aplicação de fórmulas, com pouco significado para os estudantes. Temas como a história e o desenvolvimento da física, sua aplicação tecnológica, a trajetória dos principais cientistas e as relações entre ciência e sociedade são, quando presentes, limitados a pequenos parágrafos complemen-

tares, à parte do corpo principal do texto, e geralmente ignorados na rotina escolar. Tais temas acabam sendo explorados somente fora da sala de aula por alunos que tenham sua curiosidade despertada através de sites na internet, revistas de divulgação, documentários de televisão ou mesmo de uma história de leituras ou práticas anteriores estimuladas externamente à escola.

Nos situamos entre aqueles que defendem a idéia de que saber física não significa somente saber fazer exercícios de física, mas também desenvolver uma cultura em física, adquirindo noções sólidas sobre o que a física produz, quais seus objetos de estudo, como ela se desenvolve enquanto ciência, quais suas contribuições no mundo contemporâneo, quais seus conceitos funda-

¹E-mail: marcelo.zanotello@ufabc.edu.br.

mentais e suas aplicações. Nessa perspectiva, o ensino médio torna-se a oportunidade ideal para que as pessoas adquiram um conhecimento básico em física que lhes seja culturalmente significativo, ainda mais quando se considera que este é o único momento em que a maioria dos estudantes terá contato com a física em sua educação escolar.

Para se ampliar a abordagem da física, uma alternativa interessante consiste na leitura e análise de textos e livros de divulgação científica, que sejam efetivamente trabalhados no ambiente escolar. A realização de tal prática passa pela seleção do material a ser utilizado. Escrever sobre física ou outras áreas da ciência, para um público não especializado, requer grande habilidade do autor para articular uma linguagem acessível, com uma precisão conceitual adequada. Desse modo, faz-se necessário analisar o material de divulgação disponível criteriosamente, mas sob o ponto de vista de quem receberá as informações e não com o elevado rigor e formalismo acadêmico do meio científico. Não se trata de menosprezar a adequação dos conceitos ou permitir que o material de leitura se desvie consideravelmente da teoria científica. Apenas é uma questão de se levar em conta a história de leitura e o contato anterior com temas da ciência do leitor, possivelmente um leigo no assunto, para que o texto adotado seja apropriado. Nesse contexto, o livro *Isaac Newton e sua maçã* [1], revela-se uma opção interessante para ser trabalhado com os alunos no ensino médio, no momento em que os mesmos estão iniciando seus estudos em física. Os trabalhos de Lança [2] e Gama [3] ilustram possibilidades de utilização do livro sobre Newton junto a alunos do ensino médio, porém em condições diferentes das realizadas neste estudo.

O presente trabalho visa analisar a produção de sentidos por alunos do primeiro ano do ensino médio, a partir da leitura do referido livro, através do registro escrito por eles realizado, em resposta a uma atividade proposta. São enfocadas também possibilidades de mediação propiciadas por tal procedimento. A atividade baseia-se na resposta a um questionário contendo perguntas formuladas com o intuito de permitir aos leitores expressarem como interagiram com o material lido, com a linguagem e o estilo utilizados pelo autor do livro, e como interpretaram os conteúdos de física apresentados no livro, mais especificamente, as leis do movimento de Newton, a lei da gravitação universal e suas descobertas sobre a natureza e composição da luz solar na dispersão através de um prisma, considerando-se inclusive as dúvidas dos estudantes.

O referencial teórico da análise de discurso na vertente que tem sido amplamente divulgada no Brasil por Eni Orlandi, elaborada a partir de trabalhos de Michel Pêcheux, foi utilizado como base para a análise dos relatos dos alunos. São discutidas a viabilidade e algumas implicações da realização de atividades desta natureza em sala de aula, como parte do cotidiano escolar.

2. Aspectos teóricos e metodológicos

O referencial teórico adotado no presente trabalho é a análise de discurso originada na França, principalmente pela importância que a mesma atribui às condições de produção e pelo fato de apresentar-se como uma teoria de interpretação, no sentido de que a interpretação encontra-se na base da constituição de sentidos. Não pretendemos aqui realizar uma profunda revisão teórica sobre análise de discurso, mas apontar elementos da teoria que oferecem suporte para a aplicação e análise das atividades realizadas com os alunos.

Nos propusemos a verificar a mediação da leitura na produção de sentidos pelos estudantes a partir de textos por eles elaborados em resposta às questões formuladas. Ou seja, buscamos compreender o funcionamento do texto que eles haviam lido em determinadas condições de produção.

Na análise de discurso que embasa este trabalho, as condições de produção incluem os contextos sócio-históricos e ideológicos da elaboração dos textos, dos quais fazem parte os sujeitos (tanto o escritor como o leitor), as posições em que se situam e suas memórias discursivas. Desse modo, um determinado texto abre-se para diferentes possibilidades de leituras, não só por diferentes indivíduos, como também por um mesmo indivíduo em momentos diferentes.

Conforme Orlandi [4, p. 8], na reflexão sobre leitura na perspectiva da análise de discurso, deve-se considerar os seguintes fatos:

- a) o de pensar a produção da leitura, e logo a possibilidade de encará-la como possível de ser trabalhada (se não ensinada);
- b) o de que a leitura, tanto quanto a escrita, faz parte do processo de instauração dos sentidos;
- c) o de que o sujeito-leitor tem suas especialidades e suas histórias;
- d) o de que tanto o sujeito quanto os sentidos são determinados histórica e ideologicamente;
- e) de que há múltiplos e variados modos de leitura;
- f) finalmente e de forma particular, a noção de que a nossa vida intelectual está intimamente relacionada aos modos e efeitos de leitura em cada época e segmento social.

Há diferentes modos de leitura, dependendo do contexto em que se dá e de seus objetivos. O leitor pode fazer a leitura pensando na relação do texto:

- a) O autor: o que o autor quis dizer?
- b) Outros textos: em que este texto difere de tal texto?
- c) Seu referente: o que o texto diz de X?
- d) O leitor: o que você entendeu?

e) O para quem se lê (se for o professor): o que é mais significativo neste texto para o professor Z? O que significa X para o professor Z? [5, p. 10]

Na perspectiva da análise de discurso, é fundamental que se considere os alunos como sujeitos escritores e leitores, produtores de sentido, indivíduos com suas histórias de leitura, que fazem com que os significados de um texto fiquem vinculados a leituras anteriores (intertextualidade). Assim, nessa perspectiva,

Não se vê na leitura do texto apenas a decodificação, a apreensão de um sentido (informação) que já está dado nele. Não encara o texto apenas como um produto, mas procura observar o processo de sua produção e, logo, da sua significação. Corresponsavelmente, considera que o leitor não apreende meramente um sentido que está lá; o leitor atribui sentidos ao texto. Ou seja: considera-se que a leitura é produzida e se procura determinar o processo e as condições de sua produção. [4, p. 37]

Silva e Almeida [6, p. 161] ressaltam como um dos aspectos essenciais na leitura escolar o papel mediador do professor na relação do aluno com os textos escritos.

A instauração de um contexto de leitura que privilegie a produção de sentidos múltiplos nas aulas de física permite um maior conhecimento sobre os alunos por parte do professor, o que pode melhorar a qualidade das interações em aula; contribui para o estabelecimento de continuidades e rupturas entre as idéias dos alunos e as da física, entre a linguagem comum e a linguagem científica, ou seja, media o saber científico; contribui para a (re)construção de uma história de leitura que possibilita o acesso ao saber após a saída da escola.

Conforme afirma Almeida [7, p. 99] assumir esse suporte teórico implica em:

(...) partir de uma concepção de linguagem na qual esta, além de suporte do pensamento e instrumento de comunicação de informações, é, essencialmente, produto do trabalho dos homens em sociedade, ou seja, efeito de um processo histórico no qual o discurso é o lugar específico em que se pode observar a relação entre linguagem e ideologia, esta última sendo a própria condição para a linguagem, entendida conforme Orlandi, como o imaginário que medeia as relações entre o indivíduo e as suas condições de existência. Daí a importância da memória

discursiva ou interdiscurso, ou seja, do já dito que sustenta a possibilidade do dizer.

3. O livro Isaac Newton e sua maçã e as condições de produção

Isaac Newton e sua maçã, do autor Kjartan Poskitt, traduzido por Eduardo Brandão e editado pela Companhia das Letras, consiste essencialmente em um texto narrativo biográfico sobre Newton, que aborda também suas descobertas e contribuições à física e à matemática. Escrito em linguagem comum que dialoga com o leitor, o livro contém ilustrações e histórias em quadrinhos mescladas ao texto composto basicamente por capítulos curtos. O autor segue a seqüência cronológica dos acontecimentos, relatando passagens do nascimento, da infância, da trajetória acadêmica, e da vida pessoal de Newton, de modo sempre bem humorado. Trata-se, certamente, de um recurso distinto dos livros didáticos comumente utilizados no ensino médio.

No entanto, apesar do aspecto caricatural atribuído muitas vezes aos personagens e da informalidade narrativa, os conceitos físicos apresentados no livro são bastante precisos, o que leva a crer que o autor procurou aliar um certo rigor conceitual a uma linguagem acessível principalmente a um público jovem e pouco conhecedor dos assuntos tratados. Esta característica se constituiu no incentivo principal para a adoção do livro para o trabalho com os alunos do ensino médio.

No estudo que aqui apresentamos, trabalhamos com a leitura desse livro por estudantes desse nível de ensino numa escola da rede privada. O livro *Isaac Newton e sua maçã* constou na lista de material solicitada pelo colégio anualmente. O colégio, localizado na cidade de Jundiaí, estado de São Paulo, oferece o ensino médio direcionado para a preparação dos alunos para os principais exames vestibulares, abrangendo em sua programação os conteúdos exigidos pelas Universidades Estaduais, tanto na área de física como nas demais disciplinas. Por se tratar de uma escola privada, em que os alunos são oriundos de famílias de classe média, a maioria adquiriu o livro comprando-o em livrarias. O colégio pertence a uma rede de cinco escolas, sendo duas em Jundiaí e três na cidade de São Paulo, que funcionam de forma unificada com relação aos conteúdos, programação, material didático e avaliações, onde cada disciplina possui um coordenador responsável por sua organização e também por acompanhar e orientar o trabalho dos demais professores.

Neste estudo analisamos a leitura proposta para alunos cursando a primeira série do ensino médio no período diurno, a maioria deles com faixa etária entre 15 e 16 anos, no ano letivo de 2005. A disciplina de física possui quatro aulas semanais em cada uma das séries, sendo que o primeiro autor deste trabalho era na ocasião um dos professores regulares das turmas e coordenador geral da cadeira de física da rede de colégios.

Trata-se de uma atividade diferenciada nessa disciplina, uma vez que o material básico utilizado diariamente nas aulas, tanto pelos professores quanto pelos alunos, é um livro didático que enfoca o ensino de física através da resolução de exercícios e esquemas resumidos de apresentação do conteúdo teórico.

Foi solicitado que os estudantes realizassem a leitura do livro sobre Newton em casa, fora do ambiente da sala de aula, mas permitindo e estimulando os mesmos a trazerem eventuais dúvidas para serem discutidas na classe à medida que progrediam na leitura. De modo mais efetivo, se propôs um questionário a ser respondido individualmente pelos alunos, orientando-os a colocarem suas opiniões, justificando e apresentando seus argumentos. Apesar da entrega de tal trabalho ser computada na avaliação bimestral, com peso de aproximadamente 25% na nota final de um bimestre, enfatizou-se que o objetivo da atividade não era atribuir certo ou errado para as respostas, mas sim analisar, através do registro escrito, a produção de sentidos motivada pela leitura. Na data estipulada no mês de novembro de 2005, a maioria dos alunos da turma entregou suas respostas, perfazendo um total de 30 trabalhos recolhidos, que foram posteriormente analisados. Cabe destacar que, entre a entrega do questionário com a proposta da atividade e a data estipulada para os alunos entregarem seus trabalhos, transcorreram cerca de dois meses e meio.

Convém salientar ainda que, ao realizarem as atividades, os alunos do 1º ano haviam estudado em óptica a questão da dispersão da luz no prisma e em mecânica, as leis do movimento de Newton, sendo que o tema sobre gravitação universal e as leis de Kepler eram inéditos para eles, no que se refere ao ensino naquela escola.

4. Análise de aspectos da escrita dos estudantes

Apresentamos a seguir os aspectos do funcionamento das respostas escritas pelos estudantes, para parte das questões formuladas no questionário. As três primeiras questões foram propostas com o intuito de obtermos julgamentos de natureza afetiva dos alunos sobre o livro. Nas transcrições de respostas selecionadas para ilustrar nossa análise, os nomes dos alunos colocados entre parênteses são fictícios.

Q1) O que você achou da maneira pela qual o livro foi escrito? A linguagem e os quadrinhos tornaram a leitura agradável? O livro é fácil ou difícil de compreender?

As respostas fornecidas pelos estudantes a essa questão evidenciam que o estilo do livro agradou e estimulou a leitura dos alunos. Aparentemente, as ilustrações e quadrinhos se revelaram um atrativo para a leitura dos jovens, como se nota nos exemplos a seguir. Uma observação também presente nas respostas deixa transparecer o fato de que os alunos, em geral, conside-

ram a física uma disciplina complicada e “monótona” e que o estilo do livro ajudou, ao menos em parte, a tornar a leitura sobre física um pouco mais agradável e estimulante. Por outro lado, o aspecto por vezes caricatural atribuído aos personagens, como recurso empregado pelo autor possivelmente para conferir boa dose de humor ao texto ou destacar e reforçar a genialidade de Newton, pode conduzir a interpretações que descaracterizam alguns personagens, como revelado pelo relato da aluna Andréia, que se referiu às críticas do autor ao cientista Robert Hooke.

A maneira como o livro foi escrito o deixou mais interessante e divertido. A leitura não é cansativa e o livro não está focado apenas nas descobertas de Newton, mas também em algumas fases da sua vida. Foi fácil de entender. (Solange)

Dos livros que li para a escola, esse foi o melhor. Só nas leis gravitacionais que tem que pensar para entender. (Marcos)

Eu que não gosto de ler adorei o fato de ter história em quadrinhos. Facilitou muito o entendimento. (Maria)

Muito interessante, pois atrai o leitor, torna agradável a leitura, os quadrinhos tiram a monotonia por ser uma biografia de um físico e facilitou meu entendimento. (Cíntia)

Gostei muito da maneira em que o livro foi escrito, pois a física em si não é fácil de se compreender, mas o livro nos expõe o lado “legal” dela. (Cristiane)

...os quadrinhos ajudaram bastante, principalmente com o personagem Robert Hooke, que se dizia um físico brilhante, mas que na verdade não era nada disso. (Andréia)

Na fala da aluna Andréia notamos como seria importante a mediação do professor no sentido de procurar desconstruir equívocos de história da ciência, que a leitura do livro propicia.

Por outro lado, além do gosto pela leitura, pudemos notar nos discursos de alguns alunos, como no caso de Marcos, a indicação de que eles procuraram construir significados para todo o texto. A maior dificuldade encontrada por Marcos em um capítulo específico, possivelmente se deveu ao fato de se tratar de um tema ainda não trabalhado em aula.

Q2) Quais partes do livro você mais gostou, achou mais interessante?

As respostas para essa questão foram bastante variadas, enfocando desde aspectos da vida pessoal de Newton, suas descobertas em ciência, seus trabalhos

em alquimia, na casa da moeda, curiosidades e inclusive ocorrências da época, como o incêndio de Londres. Os exemplos revelam os diversos significados atribuídos pelos jovens à leitura realizada, em função de suas afinidades com os temas e de suas histórias de leituras anteriores.

São muito importantes as partes que o livro descreve como Isaac se sacrificou limpando quartos e banheiros para conseguir dinheiro para estudar. A forma como ele conseguiu foi muito dura, mas com muita determinação conseguiu o que queria. É um exemplo para nós. (Carla)

A parte que mais gostei e me diverti muito lendo foi o capítulo “Um mau começo” onde conta os primeiros passos de Newton. (José)

Gostei quando ele esfregou o nariz, de um moço que o incomodava, na parede. (Cíntia)

Nas respostas anteriores notamos o interesse que a vida pessoal de Newton, incluindo dificuldades econômicas e de relacionamentos pessoais, despertou nos alunos. O cientista assim mostrado, com problemas comuns e dificuldades semelhantes às de outras pessoas, pode propiciar uma identificação com a realidade experimentada pelos jovens.

Mas na resposta:

As partes que mais gostei foi a que a maçã caiu sobre a cabeça de Newton e a parte que fala sobre o surgimento das cores quando Isaac enfiou um palito no olho e viu círculos coloridos. (Rose)

Temos um exemplo que nos mostra que o texto pode induzir o leitor a crer que lendas como a da queda da maçã são fatos verídicos. Em tais casos, há sempre o risco de uma interpretação equivocada sobre a produção do saber científico como estando vinculada apenas a momentos inusitados de inspiração. Peduzzi faz considerações pertinentes sobre a utilização da história da ciência no ensino, para não se transmitir uma visão equivocada do processo [8]. Nestes casos, sem dúvida que a mediação do professor torna-se um fator muito importante na discussão do papel da inserção da lenda na história contada pelo autor.

Outros aspectos do sucesso pessoal de Newton, diferentes dos relacionados à ciência, chamaram a atenção de alguns alunos, como no exemplo:

Uma parte muito legal do livro foi quando ele assumiu a presidência da casa da moeda em Londres, pois ele ajudou a economia da Inglaterra a não desmoronar e pôs bandidos atrás das grades. (Márcio)

Os diferentes aspectos destacados pelos estudantes evidenciam como o texto, escrito num gênero próximo ao texto literário e com abordagem de ocorrências diversificadas, pôde motivar a leitura de alunos com interesses diversificados.

Em mais um exemplo, um outro aspecto despertou o interesse de uma aluna. O relato histórico do incêndio em Londres que, apesar de trágico, contribuiu para acabar com a peste que castigava os habitantes da cidade, foi citado por Andréia.

O episódio que mais gostei foi “Tempo quente em Londres”. (Andréia)

Temas ligados à física e astronomia, bem como a aspectos da matemática por eles desconhecidos, chamaram a atenção de alguns estudantes como no caso seguinte, onde Paulo evidencia seu interesse específico pelos assuntos.

Gostei da teoria do super-G pois sempre achei que os planetas realizavam movimentos circulares em torno das estrelas e do cálculo integral que permite calcular a área sob uma curva que, embora inútil para mim até agora, é uma grande descoberta. (Paulo)

Os “experimentos secretos” de Newton e seus estudos sobre alquimia também geraram curiosidades, como relata Laura:

Eu gostaria de saber mais sobre alquimia, que o livro fala mas não aprofunda tanto. (Laura)

Q3) Quais partes do livro você não gostou ou achou mais difícil de entender?

Embora um estudante tenha dito que gostou de tudo, outros deram indicações de suas dificuldades. A maioria dessas respostas recaiu sobre os fragmentos do livro que destacavam aspectos matemáticos da obra de Newton. Convém destacar que estes aspectos foram os principais geradores de dúvidas, como é mostrado mais adiante. O trecho sobre gravitação universal, tema que os alunos não haviam estudado em aula, também foi apontado como difícil ou como aquele que haviam gostado menos. A maneira como a questão foi formulada não permitiu em alguns casos a separação entre dificuldade e/ou apreciação pelos estudantes. Trechos já estudados em classe, como as três leis de Newton, também foram indicados. Aparentemente, nesta questão as respostas estiveram associadas a cálculos/fórmulas e explicações a eles associados.

As partes mais difíceis foram a do binômio e do cálculo diferencial. São difíceis de entender como são feitos e como foram descobertos. (Luiz)

Achei complicadas as partes dos logaritmos, binômios e o super G. (Rose)

As teorias do super G e cálculo diferencial; neste ponto o livro se tornou confuso para quem ainda não conhece essas teorias. (Márcia)

A parte em que ele explica as fórmulas, particularmente eu não gosto muito delas, pois é difícil seu entendimento. (Sônia)

Não entendi as leis de Kepler. (Maria)

A descoberta sobre as três leis do movimento. (Raul)

Gostei de tudo. (Fábio)

Q4) Você acha que a época em que Newton viveu e os fatos históricos que ocorreram tiveram alguma relação com suas descobertas? Ele teve de estudar o que outros escreveram e fizeram antes dele ou ele inventou tudo a partir do zero?

Esta questão refere-se a uma visão da física como uma ciência fruto da construção humana, de muitos e não apenas de um indivíduo “genial,” como se poderia supor inicialmente. Nela, a construção dos conceitos supõem a contribuição de diversos pesquisadores em diferentes épocas, mesmo com a possibilidade de grandes rupturas em determinados momentos. Da maneira como a questão foi formulada, pode-se supor que se constituiu em uma condição de leitura que deveria contribuir para que os alunos se detivessem na leitura de partes do livro em que o autor evidencia o esforço de Newton no sentido de conhecer o que teria ocorrido antes dele.

E efetivamente, pelas suas respostas tornam-se evidentes as produções de sentidos pelos estudantes sobre o fato de que Newton deve ter se apoiado e estudado os trabalhos de seus antepassados para elaborar suas próprias teorias. Entretanto, uma aluna colocou que Newton “inventou tudo a partir do zero”, o que mostra novamente que, se proposta como atividade escolar, a leitura deve supor a mediação do professor. Seguem alguns exemplos de respostas que revelam o fato da maioria dos estudantes ter se detido em condições históricas da produção do trabalho de Newton, mas que indicam também que isso não ocorreu com todos eles.

A ocorrência do Renascimento Cultural em toda a Europa fertilizou as ascensões de novas idéias que viriam a aparecer, como as do próprio Newton. O Iluminismo. (Márcio)

Sim, era uma época em que a razão começava a se sobressair à religião, o que

permitiu que Newton pensasse um pouco mais livremente. Suas teorias e leis foram baseadas e aperfeiçoadas de trabalhos de antigos filósofos e matemáticos, mesmo assim não tornou seu trabalho fácil. (Paulo)

...ele se baseou em muitos outros gênios da matemática, tanto que escreveu: “se enxerguei mais longe, foi por ter subido nos ombros de gigantes”. (Luiz)

Newton não inventou tudo a partir do zero, ele estudou muitas coisas que outros físicos e filósofos já haviam descoberto. Ele aprimorou e modificou muitas coisas. (Laura)

Eu acho que na época em que Newton viveu as pessoas eram muito voltadas à religião e todos os fatos históricos do livro tiveram relação com suas descobertas, pois foi a curiosidade de querer descobrir o que ninguém sabia que instigou Newton a fazer suas experiências. Ele teve que estudar o que outros cientistas e filósofos fizeram para que houvesse uma base para seus experimentos e assim tirar suas próprias conclusões. (José)

Ele inventou tudo a partir do zero. Acho que a época desfavoreceu suas descobertas. (Sônia)

Q5) Como você avalia a importância das descobertas e teorias propostas por Newton? São coisas que têm a ver com seu cotidiano ou você não vê relação alguma?

Em várias das respostas a esta questão podemos notar a noção de que o trabalho de Newton está associado a desenvolvimentos tecnológicos atuais. Trata-se, aparentemente, de um imaginário que busca relacionar descobertas científicas e tecnologia e/ou cotidiano, mas de maneira difusa, sem precisar como e onde isso acontece, como pode-se observar pelos exemplos a seguir.

As descobertas de Newton foram de fundamental importância, pois elas progrediram a tecnologia da época e aperfeiçoaram a capacidade intelectual do homem. Elas farão parte da minha vida profissional já que farei faculdade de engenharia, e também na minha vida pessoal, como sou curioso, sempre tenho vontade de descobrir de que modo tudo funciona. (Márcio)

Muito importante para quem trabalha nessa área (física, engenharia). Tem a ver com meu cotidiano, mas não é observado por muitos. (Marcos)

Foram muito importantes, a partir delas pode-se realizar estudos para saber mais sobre o mundo em que vivemos. É importante para entender o porquê das coisas. (Márcia)

Tem muita importância as descobertas de Newton, eu acho que se você ficar procurando uma relação você acha com certeza, mas se não ficar pensando, a física passa meio despercebida. (Laura)

Sem essas descobertas não conseguiríamos alcançar a tecnologia tão avançada que temos hoje em dia. Tem relação com nosso cotidiano. (Raquel)

E novamente podemos encontrar posições divergentes nas respostas dos estudantes:

Não vejo relação alguma, apenas uma coisinha ali ou aqui, como o prisma de vidro, acho que só este. (Renato)

Inclusive com respostas que evidenciam um certo desagrado em relação à obrigatoriedade do contato com conteúdos escolares relativos ao trabalho de Newton.

No nosso cotidiano estão presentes a gravitação universal e as três leis de movimentos que somos obrigados a entender e estudar na escola. (Regina)

A questão seis volta-se diretamente para temas usualmente incluídos entre os conteúdos propostos para o ensino médio, sendo que parte deles já haviam sido trabalhados em aula.

Q6) Como você explicaria, para alguém que não conhecesse nada sobre o trabalho de Newton, os seguintes assuntos:

(a) As leis do movimento

(b) A lei de gravitação universal

(c) O fato de que a luz branca é uma mistura de cores

Por se tratar de um trabalho realizado fora da sala de aula, notamos nas respostas que uma parcela dos alunos recorreu ao livro didático ou a outras fontes, como notas de aula, além do livro sobre Newton proposto para leitura, algumas vezes chegando mesmo a copiar literalmente os enunciados lá contidos. É provável que a natureza da atividade, aplicada pelo professor coordenador e valendo “nota”, tenha levado os alunos a procurarem respostas prontas e “corretas” em detrimento de respostas em que poderíamos observar de maneira mais direta suas interpretações do texto lido. Além do mais, os alunos não estavam habituados a esse tipo de atividade em aulas de física, o que, provavelmente, provocou certa estranheza. Constatamos assim o quanto as condições em que se propõe a leitura interferem no seu funcionamento.

Mas, em parte das respostas dos estudantes não podemos dizer se os mesmos se pautaram em conhecimentos anteriores a essa leitura, se foram procurar outras fontes, ou se apenas manifestaram suas interpretações sobre conteúdos contidos no livro de Newton.

Sobre a parte “a” da questão, que enfoca as leis de Newton para o movimento dos corpos, vejamos parte de algumas respostas, as quais se referem à lei da inércia:

A primeira lei diz que um objeto qualquer no espaço sem atrito estaria ou parado ou se movendo com velocidade constante se todas as forças que estariam atuando sobre ele se anulassem umas às outras. A segunda lei diz que se essas forças não se anulam, suas somas resultariam em um valor que seria igual à massa do objeto multiplicada pela sua aceleração que apontaria na mesma direção que essa soma de forças. (Paulo)

Lei da Inércia: diz que quando a força resultante de um corpo for nula, ele estará em movimento retilíneo uniforme (ele anda em linha reta com a mesma velocidade sempre) ou ele estará em repouso. (Márcio)

Lei da Inércia: tudo que não está se movendo só vai se movimentar se alguma coisa lhe der um empurrão. Todas as coisas que estão em movimento continuarão se movendo para sempre em linha reta na mesma velocidade a não ser que uma força aja sobre elas. (Rose)

Nos pequenos discursos desses estudantes sobre a lei da inércia, observamos interpretações que revelam uma certa autoria desses estudantes, se considerarmos a maneira formal como a lei é redigida na maioria dos livros didáticos.

Por outro lado, a memória do professor sobre suas aulas para esses estudantes revela algumas dificuldades conceituais nas interpretações desse grupo, como na situação em que é comum a associação do estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme em relação a certo referencial, com a ausência de forças agindo sobre o corpo. Há dificuldades na consideração de que um corpo pode estar sujeito à ação de forças e mesmo assim estar parado ou em movimento retilíneo uniforme, desde que tais forças se cancelem, ou seja, desde que a força resultante seja nula. Em outras situações, não é compreensível diretamente que um corpo livre da ação de forças pode estar em movimento retilíneo uniforme.

Acreditamos que a leitura de um livro como aquele a que estamos aqui nos referindo possa contribuir para a superação de dificuldades como as apontadas. Mas, certamente ele não dispensa outras mediações do professor.

O item “b” aborda a lei da gravitação universal. Convém lembrar que esse tema não havia sido estudado por esses alunos no âmbito escolar. Seguem alguns exemplos de respostas:

Todo corpo é puxado para o centro da Terra (tudo o que possui massa possui gravidade, isto é, atrai outro corpo). (Mauro)

Todos os corpos possuem gravidade, a qual é uma força que atrai. Porém corpos grandes como os planetas possuem gravidade significativa enquanto que a do nosso corpo é insignificante. Um exemplo é a gravidade da Terra que nos atrai para o seu centro e por isso as coisas caem. (Luiz)

A lei da gravitação universal diz que todos os corpos se atraem, porém se as massas dos dois corpos forem pequenas como as do nosso corpo, essa atração é muito fraca, porém se for entre um corpo e um planeta será forte. (Paulo)

Tudo o que existe no universo exerce uma força de atração sobre um outro corpo, a força da gravidade. A força da gravidade pode ser determinada desde que se conheçam as massas dos corpos e a distância que os separa. (Vânia)

É a força de atração entre as massas dos corpos, ela se resume em multiplicar as massas dos corpos que estão no cálculo, multiplicar por G e dividir pelo quadrado da distância. (Márcio)

Existe uma força invisível que puxa os corpos fazendo com que eles fiquem presos à Terra. (Laura)

Gravitação universal: é a força que mantém os planetas no espaço girando em volta do Sol. (Renato)

As respostas mostraram que, para uma parcela dos alunos, a gravidade parece ter sido associada a uma força presente somente no planeta Terra, como nos casos de Mauro e Laura. Em contrapartida, outras respostas revelam interpretações nas quais está presente o caráter universal da lei, válida para descrever a interação atrativa entre quaisquer corpos dotados de massa. Outros relatos revelam a interpretação da gravidade como uma força fundamental que mantém planetas em órbita, e as pessoas sobre o chão. A quantificação da força gravitacional foi bem explicitada por Márcio, mas também pode surgir certa confusão na terminologia entre “corpos grandes” e corpos com massa

elevada, como se observa na resposta de Luiz, ou a associação de corpo a pequena massa, como na resposta de Paulo. A questão sobre a diminuição da intensidade da força com o aumento da distância entre os corpos foi notada em alguns casos.

O conjunto de respostas, apesar de não termos garantia total de que os alunos tenham respondido apenas com base na leitura do livro sobre Newton, mostra que a leitura certamente permitiu avanços em seus imaginários sobre esse tema. Por outro lado, essas respostas e alguns equívocos que nelas podemos encontrar só evidenciam mais uma vez a importância da mediação do professor quando o objetivo é fazer com que um grupo de estudantes em situações escolares chegue à compreensão adequada de determinados conceitos. Esse conjunto de respostas nos revela o quanto uma leitura de divulgação científica pode contribuir para possibilitar avanços nas interpretações sobre o mundo natural por supostos leigos em determinados temas.

O item “c” refere-se ao trabalho de Newton a respeito da luz, especificamente sobre o fato da luz branca não ser pura, mas sim constituída por componentes coloridas. Nas respostas de alguns estudantes podemos notar o quanto eles, aparentemente, se detiveram na narrativa do autor do livro sobre como Newton mostrou a composição das cores. Já respostas como a de Marcos dão indício de que ele possivelmente não se baseou apenas na leitura desse livro para responder.

Pode-se perceber isso com um prisma. Este separa todas as cores e aí é possível ver as cores separadas. Ou então durante uma chuva com sol, em que gotas de água funcionam como prismas e separam as cores formando o arco-íris. (Márcia)

Podemos perceber isso passando um feixe de luz branca por um prisma e ver que se formam as cores do arco-íris. Isso ocorre porque no ar as velocidades das cores que formam a cor branca são iguais, já no vidro as cores tem velocidades diferentes e então o índice de refração vai ser diferente e elas vão desviar em direções diferentes. (Marcos)

A luz solar branca quando incide num prisma irá se decompor nas cores: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho e se estas se misturarem formarão a cor branca que é uma mistura. (Vânia)

Isaac fez um fino raio de luz solar passar por uma fresta na parede e incidir num prisma e depois em uma parede, onde se viu as cores do arco-íris. (Viviane)

A luz branca é a mistura de todas as cores. Isso foi comprovado por Newton quando ele fez um disco com as sete cores do arco-íris e girou. (Fábio)

Na sétima questão foram solicitadas as dúvidas dos estudantes:

Q7) Escreva suas dúvidas, aquilo que você não entendeu ao ler o livro.

Uma pequena parcela de alunos disse que conseguiu boa compreensão e não apontou dúvidas. A maioria mencionou os aspectos matemáticos como os mais difíceis de compreender, constituindo-se na maior fonte de dúvidas e relacionando-se, como visto anteriormente, com os pontos que os alunos disseram não ter gostado. Alguns aspectos da física também originaram dúvidas, principalmente sobre temas que eles ainda não haviam estudado em aula. Os estudantes do 1º ano, apesar de certa familiaridade com as leis do movimento e noções de óptica, ainda não haviam estudado gravitação.

Se eu usasse o cálculo diferencial, o que iria ser meu resultado? (Paulo)

Há algumas equações infinitas, gostaria de saber se há um jeito de resolvê-las. (Alberto)

Não entendi como Newton provou a inexistência do éter e como ele descobriu o cálculo diferencial, como ele funciona e para que ele é usado. (Luiz)

Eu não entendi como Kepler se baseou para concluir que o quadrado do tempo sobre o cubo da distância seja uma constante em qualquer caso. (Márcio)

Não entendi muito bem o “super G”, a lei da gravitação, achei complicado. (Márcia)

Os binômios e os logaritmos. Não entendi muito bem a fórmula do super G. (Rose)

Da onde ele tirou fórmulas tão complexas. Por não gostar muito delas, acho que foi aí que tive dúvidas. (Edna)

Não entendi sobre o fim do éter. O que é isso? (Cíntia)

Achei o livro bastante explicativo e não tive grandes dúvidas, apenas me confundi um pouco com alguns cálculos, mas depois observei melhor e entendi. (Vânia)

Podemos, no conjunto de dúvidas aqui destacadas, notar o quanto elas poderiam se constituir na origem de discussões em classe, mediadas pelo professor, discussões essas que, diferentemente do que ocorre com muitas aulas de física, possivelmente seriam altamente motivadoras para os estudantes que as formularam, e, provavelmente, também para os seus colegas.

5. Considerações finais

Cumpramos salientar aqui que o professor enfatizou com os estudantes que não tivessem receio de responder, pois não haveria relação alguma entre o tipo de resposta e a avaliação, já que a atividade não procurava discriminar entre respostas certas e erradas. No entanto, sabemos o quanto as condições de produção de leitura interferem na elaboração de sentidos, e, certamente, o fato de a leitura ter sido pedida pelo professor de física e como uma atividade valendo nota, fazia parte do imaginário dos estudantes ao redigirem suas respostas. Um exemplo disso foi observado nas respostas dadas à pergunta 6, onde vários recorreram ao livro didático e às notas de aula para tentar responder corretamente. É possível que se a atividade fosse proposta em outro contexto, tal como por um pesquisador que não fosse o professor da turma e que ela não fosse computada na avaliação dos alunos, os mesmos teriam produzido outros sentidos. A despeito disso, ao se propor realizar atividades dessa natureza no ambiente escolar com maior frequência, será o professor da turma a conduzir o trabalho e é de se esperar que de alguma forma ele o incluirá na avaliação. No entanto, parece-nos razoável admitir que a partir do momento em que os alunos e o professor estiverem mais habituados a esse tipo de trabalho escolar, os primeiros levarão mais em conta a proposta feita pelo professor e este efetivamente admitirá a importância não só das respostas consideradas corretas do ponto de vista da física, mas principalmente considerará a grande possibilidade que a atividade fornece de conhecimento das dificuldades e gostos dos estudantes, contribuindo também para a consideração daquilo a que Zanetic [10] se referiu, ou seja, a física como cultura.

Na interação dos alunos com o livro *Isaac Newton e sua maçã*, em particular destaca-se que a linguagem utilizada pelo autor se revelou um atrativo para a leitura. Muitos temas tratados na obra interessaram ou ao menos estimularam a curiosidade dos alunos, temas estes que geralmente não são trabalhados no cotidiano da sala de aula. O apontamento das dúvidas permitiu ao professor reconhecer os obstáculos ao entendimento de certos conceitos, possibilitando-lhe buscar estratégias alternativas para atuar sobre estes pontos. A utilização do livro se mostrou adequada como um recurso pedagógico para diversificar o trabalho nas aulas de física. É fato que, quanto mais atividades diversificadas forem desenvolvidas, mais alunos serão envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, já que é comum observarmos que o formato atual dos cursos de física no nível médio é eficaz para uma parcela pequena de alunos.

A análise dos relatos recolhidos possibilita algumas reflexões mais gerais sobre a questão do ensino de física e das ciências em geral. A realização de atividades de leitura, com textos e livros diferentes dos livros didáticos atualmente usados em sala de aula, constituiu-se em um instrumento útil para o professor estabelecer

uma efetiva mediação dialógica, que conduza os alunos a uma melhor compreensão dos assuntos e que possibilite aos mesmos a construção de uma aprendizagem mais significativa. Tal afirmativa é corroborada pela riqueza e diversidade de colocações feitas pelos estudantes em seus registros.

São muitos os autores que vêm defendendo a leitura em aulas das áreas de ciências. Entre eles, Almeida [7, p. 118] afirma não ter dúvidas de que:

...enquanto os estudantes que não se sentem seguros no uso da linguagem matemática também não se sentem capazes de aprender física, e os professores dessa disciplina acreditarem que saber matemática é um pré-requisito necessário para qualquer ensino, provavelmente por admitirem como única atividade nobre em aulas de física a resolução de exercícios, a voz dos cientistas terá pouco espaço no ambiente escolar.

O interesse que temas relacionados às ciências despertam nos jovens, também é evidente. Mesmo entre aqueles alunos que apresentavam um baixo desempenho em termos de resultados nas avaliações tradicionais de física, notamos a curiosidade e a disposição em ler e aprender mais sobre ciência. A leitura possibilitou a construção de significados que em muito subsidiaram práticas posteriores do professor.

Torna-se imperativo que no ensino médio a prática atual voltada para a solução de exercícios nas aulas de física seja ao menos mesclada com a formação de uma cultura científica geral. Isto se coloca como um desafio pedagógico relevante, que vem ao encontro das disposições dos parâmetros curriculares atuais, e que precisa ser articulado de uma forma mais concreta e objetiva para que efetivamente aconteça no ambiente escolar.

As leituras contribuem não só para o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades de raciocínio, mas também para o aprendizado de condições de produção das teorias e dos conceitos importantes nas

diversas áreas do conhecimento. E como afirmam Ricon e Almeida [9, p. 9]:

Bom leitor, o estudante continuará mais tarde, já fora da escola, a buscar informações necessárias à vida de um cidadão, a checar notícias, a estudar, a se aprofundar num tema, ou, simplesmente, a se dedicar à leitura pelo prazer de ler.

Referências

- [1] K. Poskitt, *Isaac Newton e sua Maçã* (Companhia das Letras, São Paulo, 2002), Coleção Mortos de Fama.
- [2] T. Lança, *Newton numa Leitura de Divulgação Científica: Produção de Sentidos no Ensino Médio*. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- [3] L.C. Gama, *Divulgação Científica: Leituras em Classes de Ensino Médio*. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- [4] E. Orlandi, *Discurso e Leitura* (Ed. Cortez, São Paulo e Editora da Unicamp, Campinas, 2000) 5ª ed.
- [5] E. Orlandi, *Análise de Discurso: Princípios e Procedimentos* (Pontes, Campinas, 2000).
- [6] H.C. Silva e M.J.P.M. Almeida, in *Linguagens, Leituras e Ensino de Ciência*, editado por M.J.P.M. Almeida e H.C. Silva (Mercado das Letras, Campinas, 1998).
- [7] M.J.P.M. Almeida. *Discursos da Ciência e da Escola: Ideologia e Leituras Possíveis* (Mercado de Letras, Campinas, 2004).
- [8] L.O.Q. Peduzzi, in *Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora*, editado por M. Pietrocola (Editora da UFSC, Florianópolis, 2001).
- [9] A.E. Ricon e M.J.P.M. Almeida, *Leitura Teoria e Prática* **10**(18), 7 (1991).
- [10] J. Zanetic, *Física Também É Cultura*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1989.