

A utilização de narrativas históricas na construção do conceito de energia: um estudo de caso.

The application of historical narratives in the construction of the concept of energy: a case study.

Hermann Schiffer¹²

Andréia Guerra¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET-RJ – hermannsf@gmail.com; aguerra@tekne.pro.br

²Escola Parque

Resumo

Muitos são os possíveis caminhos a se seguir quando optamos por uma abordagem histórico-filosófica para o ensino de ciências. Escolhemos as *Narrativas Históricas* como ferramenta de auxílio na construção do conceito de energia e na discussão de aspectos da *Natureza da Ciência* com alunos. Apresentamos um trabalho realizado com turmas de 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola particular do Rio de Janeiro, onde uma pesquisa qualitativa foi desenvolvida para responder a seguinte questão: As Narrativas Históricas constituem-se em ferramentas eficazes para o estudo do conceito de energia numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana?

Palavras chave: energia, história da ciência, narrativas históricas, pesquisa qualitativa.

Abstract

Many are the possible paths to follow when we choose a historical and philosophical approach to science teaching. We chose Historical Narratives as a tool to help in the construction of the concept of energy and in the discussion of aspects of *Nature of Science* with students. We present a work done with classes from the 9th year of the Elementary School from a private school in Rio de Janeiro, where a qualitative research has been made to answer our question: Are Historical Narratives efficient tools to the study of the concept of energy in a historical and philosophical approach, that enable discussions about aspects of the Nature of Science, considering science as a human product.

Keywords: energy, history of science, historical narratives, qualitative research

INTRODUÇÃO

Coelho (2009) destaca a fala de diversos cientistas para nos relembrar a nossa, ainda existente, incapacidade de definir precisamente o conceito de energia. Os professores de ciências acabam enfrentando dificuldades ao trabalhar com o tema, não encontrando auxílio em livros didáticos. Alguns, por exemplo, apresentam diferentes interpretações do conceito em diferentes partes do conteúdo, de modo que a energia para a mecânica distancia-se da energia da termodinâmica (PRAXEDES e JACQUES, 2009). Além destes, encontramos diversos autores apontando para a grande dificuldade enfrentada por professores para definir o conceito em aulas de ciências (BARBOSA e BORGES, 2006; GUERRA et.al., 1998).

Uma dificuldade adicional encontra-se nos múltiplos significados atribuídos ao conceito e sua utilização em diversas áreas, científicas ou não. Concordamos com Praxedes e Jacques (2009) quando afirmam que o termo energia “não é transparente e remete a múltiplos sentidos previstos e não previstos pelo educador”. De forma que o professor de ciências deve estar cômico que “a falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma ‘colcha de retalhos energética’” (BRASIL, 2002, p.29).

É um desafio do professor a escolha da abordagem que dará ao ensino de energia. Nessa busca, o professor não pode desconsiderar o papel da escola de ir além dos conteúdos e desenvolver visões sobre a Natureza da Ciência (NdC), “sua metodologia, filosofia, história e, mais extensamente, sua relação com a sociedade, cultura, religião e visões de mundo” (Mathews, 2009).

Uma alternativa para desenvolver os objetivos da escola destacados é a utilização de uma abordagem histórico-filosófica ao ensino de ciências. Concordamos com autores como Valente (1999) e Martins (1990 e 1984) ao defenderem seu potencial no auxílio à construção de conceitos científicos, como o de energia. A História e Filosofia da Ciência (HFC) não apresenta somente os “como’s”, mas também os “porquês”, sendo essencial à heurística do pensamento científico (DIAS, 2001).

Apesar de as pesquisas apontarem a HFC como caminho para o ensino de energia, uma questão ainda precisa ser aprofundada: como tratar o tema através de uma abordagem histórico-filosófica com alunos da educação básica? Dentre os caminhos a se seguir, acreditamos que a ferramenta chamada Narrativas Históricas (NH) explore elementos que enriquecem uma abordagem histórico-filosófica para o ensino de ciências. Concordamos com autores (KLASSEN, 2007; METZ, 2007; NORRIS, 2005) que apontam nas NH um auxílio na geração de interesse em aprender, por parte do aluno, pois os incentivam a gerar questões sobre o conteúdo da narrativa. Assim, instiga nos alunos certa curiosidade geradora de questões, uma importante condição para o processo de aprendizagem (BACHELARD, 1996).

Diante das possibilidades da utilização de narrativas para o ensino de ciências, decidimos explorá-las ao desenvolver uma prática pedagógica sobre o tema energia, voltada a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Essa escolha ocorreu, pois no universo em que trabalhamos esse é o primeiro contato formal dos alunos com o estudo do conceito de energia. Assim, desenvolvemos uma pesquisa com o intuito de criar subsídios para responder à seguinte pergunta: As Narrativas Históricas constituem-se em ferramentas eficazes para o estudo do conceito de energia numa abordagem histórico-filosófica, possibilitando discussões em torno da Natureza da Ciência que privilegiem a ciência enquanto construção humana?

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola em que o conteúdo proposto para o 9º ano estava fundamentado em um único tema: Energia. Desta forma, o grupo de pesquisa desenvolveu a proposta em conjunto com a sua aplicação, de forma que os resultados de cada atividade eram trazidos às reuniões, possibilitando uma constante reflexão para o planejamento de ações futuras.

Escolhemos métodos de coleta de dados sobre os quais pudéssemos realizar análises qualitativas que orientassem as decisões do nosso grupo. Optamos pelo desenvolvimento e aplicação de atividades diferenciadas; por questionários aplicados após as atividades envolvendo a narrativa histórica (KLASSEN, 2006 e 2009); além da gravação do áudio e transcrição do discurso dos alunos em discussões realizadas em sala (BOGDAN e BIKLEN,

1999). Contamos, ainda, com um diário pessoal, escrito pelo professor, onde suas impressões e opiniões das turmas e atividades estavam registradas.

A proposta foi aplicada em três turmas (Turma 1, 2 e 3) de 9º ano do Ensino Fundamental, cada uma com 28 alunos, na faixa etária de 14 anos. O professor responsável pela aplicação teve dois tempos de aula (de 50 minutos cada) por semana com cada turma, mas em dias diferentes, o que deixou um tempo para reflexão e reformulação das atividades entre uma turma e outra. Daqui em diante chamaremos de *aula* o conjunto destes dois tempos.

Diante dos inúmeros significados atribuídos à palavra energia e seu intenso uso em diversas áreas, era esperado que os alunos tivessem certo conhecimento deste termo. Com o objetivo de incentivar uma reflexão nos alunos sobre os significados existentes da palavra *energia*, iniciamos o trabalho propondo uma atividade. A atividade consistiu na construção e aplicação, por parte dos alunos, de uma entrevista com o tema. Não esperamos desconstruir ou substituir concepções dos alunos, mas fazê-los levantar questões pessoais sobre a palavra energia diante dos seus múltiplos significados.

A elaboração das perguntas foi realizada pelos alunos, com a orientação do professor, de forma, que ao final cada turma tivesse um conjunto de seis questões. Para que pudéssemos expandir a reflexão a aspectos históricos da palavra energia, deixamos como condição adicional que duas das questões apresentassem um caráter histórico. O professor responsável foi orientado a evitar discursar sobre as condições para não influenciar na formulação das questões. Os alunos não encontraram dificuldades na atividade, resultando em três entrevistas distintas, mas com perguntas semelhantes.

Cada turma foi dividida em grupos com quatro integrantes que entrevistaram pessoas distintas. A escolha dos entrevistados foi realizada em sala, onde o professor buscou orientá-los a diferenciar os perfis dos entrevistados escolhidos, buscando versatilidade para enriquecer os resultados. Foi sugerida a gravação de áudio ou vídeo para que a transcrição da entrevista fosse facilitada, o que foi seguido por todos os grupos. Cada turma teve uma semana para entregar os resultados das entrevistas ao professor.

Diante de muitas questões com caráter semelhante, foi possível realizar uma análise das respostas, expondo a forte presença de certas ideias e significados. O professor retornou às turmas para apresentar e discutir os resultados da análise, destacando algumas questões das entrevistas que serviriam de norteadoras para o trabalho a ser realizado durante o restante do ano, como: “*O que é energia?*” e “*A energia pode ser criada? E destruída?*”.

Seguindo o conteúdo proposto pelo livro didático adotado, iniciamos o estudo sobre o conceito de calor, sempre retomando as questões norteadoras da entrevista. A construção da narrativa histórica *As forças de Mayer* foi pensada baseada nas dúvidas e dificuldades apresentadas pelos alunos com a entrevista. O grupo de pesquisa escreveu este conto literário sobre uma época da vida do médico e cientista Robert Mayer e sua contribuição para a construção do conceito científico de energia. Os desafios à escrita da narrativa serão apresentados adiante. Os alunos foram informados sobre a natureza do texto e orientados a ler e transcrever três questões que lhes vieram à cabeça ao ler a narrativa. As respostas de cada aluno foram recolhidas e levadas pelo professor para o grupo de pesquisa.

Durante esta semana de intervalo duas atividades foram realizadas: Primeiro, categorizamos todas as questões criadas pelos alunos em cinco categorias: 1 – Aspectos pessoais, 2 – Condições de trabalho, 3 – Teorias e conceitos, 4 – Sobre o narrador e 5 – Gerais da narrativa. Para cada turma o professor selecionou, dentre as categorias acima (menos da

categoria *Sobre o narrador*, por se tratar de questões sobre um personagem fictício), quinze questões de maior relevância. Elas foram distribuídas de forma a construir três novos questionários para cada turma, cada um com nove questões.

Em seguida, inspirado por estas questões, levantadas pelos alunos, o professor criou uma apresentação em *PowerPoint* com informações sobre a vida de Robert Mayer, sua produção científica, aspectos históricos da sua época, entre outros aspectos presentes na narrativa. Na aula seguinte a apresentação e os questionários viriam a ser utilizados de tal forma: o professor apresentou o *PowerPoint* sobre Mayer, sem mencionar as questões levantadas pelos alunos na aula anterior; a turma foi dividida em grupos de quatro alunos; cada grupo recebeu um dos três modelos dos novos questionários e foi encarregado de respondê-lo a partir do estudo da narrativa e do conteúdo apresentado; ao término da aula as respostas foram recolhidas e levadas para avaliação e análise do grupo de pesquisa.

Na semana seguinte, o professor retornou com as avaliações dos questionários aos grupos, discutindo a correção em sala, mas manteve consigo cópias das respostas para a realização de uma análise qualitativa, apresentada ao longo deste trabalho.

Durante a reflexão e reformulação da nossa prática pedagógica, o grupo de pesquisa enfrentou desafios na construção de uma narrativa que cumprisse com nossos objetivos.

DESAFIOS NA CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS HISTÓRICAS

É essencial definir claramente o objetivo da NH que se pretende utilizar, antes de iniciar sua construção. O grupo de pesquisa viu, no início do estudo sobre *calor*, a oportunidade de discutir a contribuição de Robert Mayer na construção do conceito de energia. O primeiro desafio foi a busca de informações variadas e bem fundamentadas, evitando trazer aos alunos uma visão distorcida da NdC. (MATTHEWS, 1995; ALLCHIN, 2004).

Buscando uma fidelidade historiográfica, analisamos os trabalhos de Valente (1999), Kuhn (1977), Martins (1984) e Coelho (2009). Alguns pontos na vida e na produção científica de Mayer nos chamaram a atenção: seu interesse por máquinas, pela ‘geração’ de calor em seu funcionamento e a construção de um significado à palavra *força*, algo que se transforma constantemente, mas que mantém uma unidade invariável, possibilitando a existência do universo. Concordamos com os autores acima que estas ideias podem articular os conceitos de calor e energia, além de configurarem uma gênese do conceito atual de energia.

Em relação ao cenário histórico no qual Mayer viveu, o estudo de Kuhn (1977) foi essencial à elaboração da narrativa. Esta análise histórica distancia a construção do conceito de energia da idealizada ideia de ‘método científico’. Três aspectos deste episódio histórico são destacados: a importância da Revolução Industrial, demandando conhecimento sobre as máquinas térmicas; o estudo de diferentes processos de transformação, expandindo a reflexão de cientistas a diferentes fenômenos da natureza; e a influência do movimento filosófico chamado *Naturphilosophie* sobre o pensamento de alguns cientistas da época. Para a construção desta proposta pedagógica, daremos maior ênfase aos dois primeiros aspectos, já que, de acordo com as fontes pesquisadas, o principal personagem, Robert Mayer (1814-1878) não teve um contato significativo com a *Naturphilosophie*.

Nosso grupo decidiu abrir o estudo sobre *calor* com a narrativa, de forma que esta cumprisse o objetivo de “levantar perguntas pessoais dos alunos e deixá-los com questões não resolvidas” (KLASSEN, 2009 e 2007). Diante desta aplicação e do nível escolar das turmas, limitamos a construção da narrativa a duas ou três páginas.

Não esperamos que a construção de textos literários seja uma das principais habilidades de professores de ciências, inclusive a construção de narrativas. O desafio se amplia ao pensarmos na construção de textos narrativos com caráter histórico, de modo que devemos tomar certos cuidados ao trilhar este caminho. Entretanto, vale destacar que o trabalho com as NH pode ajudar nesta habilidade do professor, além de, possivelmente, torná-lo um bom ‘contador de histórias’ (KUBLI, 2001). A partir dos trabalhos em Klassen (2009 e 2007), McComas (2008) e Norris (2004) buscamos elementos fundamentais para o trabalho.

Norris (2004) busca elaborar uma estrutura teórica para a construção de NH, apresentando elementos que nelas devem estar presentes: *Eventos-marcos*, *Narrador*, *Apetite narrativo*, *Tempo passado*, *Estrutura*, *Agentes*, *Propósito* e *Leitor*. Não é necessário seguirmos esta ordem de elementos para a construção de textos narrativos, de forma que, no nosso caso, o *Narrador* foi o ponto de partida: pela rejeição da comunidade científica e pelos ataques a que foi sujeito, Robert Mayer sofreu uma forte crise psicológica em 1850. Isto resultou numa tentativa de suicídio, levando-o a buscar tratamento, de forma que seus dois próximos anos seriam vividos em um sanatório. Encontramos aqui uma possibilidade literária que amarrou muitos dos elementos acima de forma curiosa: escolhemos como *Narrador* do texto um personagem fictício, sem nome, paciente do sanatório em questão. De acordo com o próprio narrador, o motivo de sua internação é a descrença no seu “dom” de prever o futuro. O motivo de tal atribuição ao personagem será revelado adiante, tentando manter o leitor curioso.

O narrador se torna amigo de Mayer, o que nos possibilita a utilização de um *Tempo passado* enquanto o narrador expõe conversas, nas quais Mayer lhe conta episódios de sua vida pessoal e científica. Estes episódios representam *Eventos-marcos* cronológicos que trazem aspectos pessoais importantes do cientista e das mudanças sofridas pela sociedade na época em questão. Temos como exemplos a sua vida religiosa e o aparecimento de máquinas térmicas em sua cidade natal, como trens que rompiam as paisagens rurais.

Já que o início da narrativa não expõe o motivo pelo qual Mayer ingressa no sanatório, os alunos leem o texto desenvolvendo uma curiosidade sobre quais motivos levariam um médico/cientista a tentar suicídio e se internar. Esperamos que, com este cenário, além da curiosa relação entre os dois internados, possamos desenvolver nos *Leitores* um *Apetite narrativo* que os motive para uma leitura interessada e atenta.

Entretanto, a narrativa não se limita a estes dois personagens, outra figura configura os *Agentes* da narrativa: James Prescott Joule (1818-1889). Na menção de alguns dos seus trabalhos pelo narrador, Joule representa, em parte, o motivo da rejeição da comunidade científica sofrida por Mayer. A aceitação dos seus estudos sobre o coeficiente de conversão entre movimento e calor, não os de Mayer, são revelados como principal causador da crise psicológica deste, saciando a curiosidade dos leitores.

O “dom” do narrador é útil, de forma literária, ao término da narrativa onde ele “prevê” episódios futuros na vida de Mayer. Configuramos assim a *Estrutura* da narrativa, com a volta ao passado nas conversas entre os personagens e o salto ao futuro na vida científica de Mayer após o sanatório. Aprovamos a escolha desta estrutura, mas mantivemos certo receio dos alunos enfrentarem dificuldades para reconhecer no “dom” do narrador um artifício literário, o que discutiremos mais na análise dos resultados.

Com a descrição acima podemos reconhecer o último elemento, um dos *Propósitos* da narrativa: a busca da aproximação entre o aluno e o exemplo histórico de um cientista, que sofreu imensas dificuldades em sua produção científica, incluindo questões pessoais.

Além dos elementos necessários, os aspectos da NdC que a narrativa irá trazer também foram pensados durante sua construção. Um estudo encontrado em McComas (2008) levantou uma série de aspectos da NdC que podem ser trabalhados diante de uma abordagem histórico-filosófica. Destacamos quatro e os elementos da narrativa que trabalham com eles:

1. *Ciência depende de evidências empíricas* - A rejeição dos trabalhos de Mayer por serem muito especulativos, com poucas evidências empíricas. Isto o faz, após a saída do sanatório, buscar resultados matemáticos para fundamentar suas ideias, inclusive a determinação do coeficiente de conversão entre movimento e calor.
2. *Ciência utiliza de elementos criativos* – Mayer imagina a possibilidade de um moto-contínuo a partir da sua observação de máquinas, como moinhos; o seu conceito de *força* a partir da observação da coloração do sangue de marinheiros, unificando o funcionamento dos mundos orgânicos e inorgânicos.
3. *Ciência é influenciada por componentes subjetivos* – O aspecto religioso presente na imaterialidade do seu conceito de *força* e a ideia de uma *força indestrutível*, que possibilitaria a existência do universo.
4. *A ciência não pode responder todas as questões* – O trabalho de Mayer foi um episódio importante para a construção do conceito de energia no séc. XVIII e a ciência ainda não consegue definir sua natureza. Caberia a outras áreas, como a religião e a filosofia, tal desafio?
5. *Aspectos culturais, sociais e políticos influenciam a ciência* – A rejeição dos trabalhos de Mayer por parte da comunidade científica, em contrapartida da aceitação dos trabalhos de Joule, mesmo que ambos apresentassem resultados promissores e próximos do atualmente aceito; o apoio de figuras ilustres a Joule, como William Thomson (Lorde Kelvin); a mudança do cenário rural para um industrial vivenciada por Mayer; e as influências culturais da época, representadas pela busca de entendimento das máquinas surgidas na Revolução Industrial.

Com a narrativa pronta, uma das preocupações do grupo de pesquisa foi o nível de dificuldade do texto final, frente ao nível de leitura das turmas. Levaremos esta questão à análise dos resultados.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Escolhemos apresentar as análises na ordem em que foram realizadas as atividades, incluindo opiniões retiradas do diário do professor como informações adicionais às reflexões. Entretanto, buscando traçar um perfil dos alunos (BOGDAN e BIKLEN, 1999), iniciaremos com a análise do diário do professor separadamente, somente em relação a questões comportamentais e disciplinares das turmas. Desta forma, buscamos aproximar o leitor às turmas e à realidade vivida pelo professor na aplicação das atividades.

Análise do Diário Pessoal do professor

Encontramos na escrita do professor certa incerteza de como agir em certos momentos. Isto é mais forte em relação a questões disciplinares, mas também presente na sua aceitação perante os alunos. É imprescindível destacarmos que este professor atuava pela primeira vez em turmas de Ensino Fundamental. Alguns trechos evidenciam tal situação:

“Novamente a turma 2 preocupa. Mais de três focos de conversa. Creio que eu possa perder o respeito.”

“... alguns já não obedecem totalmente meus pedidos de silêncio.”

A questão disciplinar aparece muito forte, o que nos faz retomá-la muitas vezes na análise do andamento da proposta. Entretanto, os problemas não são comuns às três turmas, mas diferem em cada uma delas. Os escritos no diário do professor, realizados logo após as aulas, estão divididos entre as turmas, o que facilita a análise de cada uma.

A Turma 1 se apresentou como a melhor turma das três em diversos aspectos, não somente no disciplinar. O interesse dos alunos por questões científicas foi notório, incluindo constantes interrupções das aulas para tirar dúvidas, tanto sobre o tema na hora apresentado, como em curiosidades paralelas. Isto chegou a tornar-se um ‘problema’ para o professor, que se viu gastando muito tempo ao responder questões, inclusive deixando-o preocupado com o cronograma das aulas, como é evidente em:

“Nada a reclamar, gasto mais tempo respondendo perguntas do que pedindo silêncio.”

Inicialmente encontramos as maiores dificuldades na Turma 2. O professor relata que a turma é composta por “blocos” de alunos, muito unidos entre si, mas distantes dos outros, tornando a sala fragmentada e incentivando as conversas excessivas e constantes. Nos primeiros registros, encontramos a decepção do professor e a falta de esperança na turma.

Com o passar das aulas, notamos a identificação de muitos alunos ‘excelentes’, que, de acordo com relatos do professor ao grupo de pesquisa, contribuem enormemente às discussões realizadas em sala. Além disso, diante dos melhores resultados nas provas, o professor reconhece que alguns dos indisciplinados apresentam bons resultados:

“os resultados são os melhores por terem alguns alunos excelentes e alguns bagunceiros que, mesmo assim, tiram boas notas.”

Entretanto, um grupo de alunos em particular se apresenta como desafio do professor. As suas conversas constantes que resultam em pouca atenção às aulas, acompanhadas dos piores resultados da turma incomoda e preocupa o professor. Desta forma, a composição da turma em grupos muito competentes e dedicados, ao lado dos indisciplinados, com boas ou péssimas notas, cria uma dicotomia entre mau comportamento e ótimos resultados.

Nas primeiras semanas de aula, a Turma 3 mostrou interesse em questões trazidas pelo professor, exibindo *“poucos casos de desordem, somente insistência na conversa”*. A turma acompanhava a turma 1 em elogios e apresentava certos alunos interessados e dedicados, criando expectativa no professor:

Mas, em pouco tempo se tornou a turma mais preocupante, incomodando o professor com o número de interrupções de caráter disciplinar que eram feitas a cada aula. Em suas palavras, reconhecemos o grave incômodo do professor diante do comportamento de certo grupo de alunas:

“As garotas estão perdendo o respeito. Conversam na minha frente mesmo que eu esteja olhando (para elas). Acho que pela falta de atitudes da minha parte, este cenário vai piorar. Algumas exageram, gritam e são ‘malandras’ ao se desculpar.”

Neste cenário o professor ainda encontra alunos de destaque e apresenta preocupação com a dificuldade de explorar seus potenciais diante de tanta desordem:

“É a turma que mais me preocupa por conter um grupo das meninas mais bagunceiras do 9º ano. Difícil observar o resto da turma frente às inúmeras interrupções. [...] Quero tirar o melhor destes alunos ‘expoentes’, cujo potencial é enorme.”

Estas impressões do professor sobre as turmas devem ser comparadas com a análise do andamento das atividades, que será apresentado mais adiante neste trabalho.

Análise das Entrevistas sobre Energia

Retornamos ao início das atividades. A entrevista pareceu surpreender a todos, de modo agradável, inclusive ao professor. Nos alunos parece ter gerado o entusiasmo de construir perguntas e a atuação como um entrevistador profissional. Encontramos nos registros do professor:

“As turmas realizaram todas as entrevistas no tempo certo e entregaram os resultados bem animados. Ver a opinião de outras pessoas (sobre energia) até lhes assustou.”

As três turmas conseguiram construir questionários que exploraram: a definição e importância da energia para o entrevistado, relação *energia x ser humano*, fontes de energia, importância histórica da energia para a formação da sociedade e criação/destruição de energia.

Nas dezessete entrevistas realizadas encontramos muitas respostas confusas, além de variadas, como os perfis dos entrevistados. Isto revelou aos alunos uma multiplicidade de significados do termo energia e o pouco entendimento dos entrevistados sobre o tema, não importando o seu nível de instrução acadêmica. Após a análise das respostas das entrevistas das três turmas, revelamos pontos que se destacaram:

Associação da palavra energia com eletricidade ou aparelhos eletrônicos.

Associação de energia com força vital, saúde, emoções ou ‘fluxo no corpo’.

Incerteza nas respostas relacionadas à criação/destruição da energia.

Desconhecimento do significado científico de energia, inclusive da sua existência.

A presença de respostas com caráter subjetivo e esotérico não surpreendeu o grupo de pesquisa, mas sim os alunos ao encontrarem entrevistados academicamente instruídos com tal discurso.

Narrativa Histórica: análise dos resultados

A leitura da narrativa pelos alunos em sala apresentou problemas apenas na Turma 3 onde o professor encontrou dificuldade de manter a atenção de todos no texto. Entretanto, o nível de dificuldade literária se mostrou adequado ao nível de leitura do 9º ano. Isto ficou evidente ao recebermos, dentre as perguntas desenvolvidas pelos alunos, poucas que levantavam questões incoerentes com o texto ou que já estavam respondidas no próprio.

Das perguntas entregues pelos alunos, algumas eram muito vagas, como ‘*O que ele fez?*’; ou já estavam respondidas no texto, como ‘*Porque ele tentou se matar?*’; ou não apresentavam relação com o tema em discussão, como ‘*Mayer era bem sucedido?*’. Esse conjunto de questões foi eliminado da análise: 21,6% na Turma 1, 16,3% na Turma 2 e 37% na Turma 3, resultando em um percentual de 26,3% de eliminação do total de questões. O restante das questões foi distribuído em categorias.

Certas categorias foram privilegiadas em cada turma. Dentre as questões selecionadas das Turmas 1 e 3, encontramos uma maioria das questões relacionadas a *Aspectos Pessoais* (43% e 47% do total de cada turma), enquanto na 2 esta categoria teve apenas 16% das suas perguntas. No total, esta categoria recebeu 37,7% de todas as perguntas. Enxergamos aqui uma aproximação dos alunos, das turmas 1 e 3, com Mayer, visível na angústia por eles apresentada, relacionada tanto ao sofrimento do cientista após a rejeição dos seus trabalhos, quanto à perda dos seus três filhos.

Em contrapartida a Turma 2 se revelou mais interessada na categoria *Teorias e Conceitos*, onde estavam 61% das suas perguntas. A Turma 1 também deu importância a esta categoria, com 43% das suas perguntas. Mesmo com a menor incidência de perguntas da Turma 3 (20%), esta categoria aparece como a primeira em número de perguntas, apresentando 39,8% do total. Isto nos faz acreditar que a narrativa serviu para levantar questões dos alunos, não somente em relação às questões pessoais de Mayer, mas também relacionadas ao conteúdo científico presente no texto: questões referentes às *forças*, sua natureza, conservação, criação/destruição, onde as encontramos, indestrutibilidade; às observações na diferença da cor do sangue; relação entre movimento e calor, matematização da conversão; e à possibilidade de um moto-contínuo.

Em *Condições de trabalho* tivemos um menor número de questões (6% do total) relacionadas às dificuldades enfrentadas por Mayer na divulgação e aceitação das suas ideias. Encontramos dúvidas sobre: a rejeição dos seus trabalhos, a preferência dos resultados de Joule e quais métodos ambos utilizaram para provar suas ideias. Com as duas categorias somadas, encontramos apenas 16% do total, de modo que não traremos estas perguntas para a nossa análise. Diante do número de questões relevantes e de qualidade, seguimos no trabalho com os aspectos da NdC e com o conteúdo a ser ensinado.

É importante revelarmos que na Turma 3 o número de questões entregue foi muito pequeno, entre as quais 39% foram perguntas que integraram a lista das descartadas pelo grupo de pesquisa. Em adição, encontramos muitas questões (20,4%, comparado a 3% na Turma 1 e 0% na Turma 2.) na categoria *Sobre o Narrador*, revelando uma maior atenção de alguns alunos ao “dom” do narrador de prever o futuro do que às questões científicas. Estes resultados corroboram com as observações do diário do professor. Este resultado particular fez nosso grupo acreditar que a utilização da NH não foi o problema em si, mas este esteve nas dificuldades com a disciplina e a atenção da Turma 3 frente às atividades com a narrativa.

Dentre as perguntas selecionadas o grupo de pesquisa formou conjuntos com 9, que foram devolvidas aos alunos em forma de novos questionários, após a aula com *PowerPoint*. Nesta aula, o professor discutiu, com auxílio de imagens, o trabalho de Mayer e o contexto histórico em que o mesmo foi desenvolvido. Como os questionários das turmas inspiraram a elaboração das aulas, foram ressaltados na apresentação: a juventude de Mayer em um cenário modificado pelas máquinas da Revolução Industrial, resultando na construção da ideia de um moto-contínuo; a espiritualidade e religiosidade de Mayer, responsáveis pela rejeição de uma visão materialista do mundo; a construção do conceito de *forças* após sua viagem como médico de um navio holandês; os embates para aceitação dos seus trabalhos, seguidos pela rejeição destes pela comunidade científica, enquanto esta apoiava às ideias de Joule; e a necessidade de evidências empíricas, que resultou na busca de coeficientes de conversão entre processos (p.ex., movimento em calor). A apresentação foi realizada sem problemas em nenhuma das turmas.

Seguiremos com a análise deste novo questionário, em conjunto, analisaremos trechos gravados das discussões realizadas durante a apresentação do *Power Point*. Destacamos algumas perguntas cujos resultados nos chamaram a atenção.

A primeira pergunta destacada é: “O que significa força indestrutível?”. Dos dois grupos da Turma 1 que receberam esta pergunta, um aponta que *é a força que existe em todo o universo, se transforma a toda hora e não pode ser destruída*, enquanto o outro acredita que *é a força que se cria sozinha no universo e não se destrói*. Na Turma 3, de quatro grupos que receberam esta pergunta, dois deixaram em branco e dois responderam: *é a força que nunca é perdida e acontecem transformações* e *é a força que não pode ser destruída*. Apesar do trecho *se cria sozinha no universo*, no qual notamos problemas conceituais, reconhecemos que alguns aspectos do conceito de *força* estiveram presentes, como sua conservação e constantes transformações.

A pergunta “A *força* (conceito construído por Mayer) é igual à energia? Quais seriam as diferenças?” foi muito importante para avaliarmos a associação feita pelos alunos entre esses dois conceitos. Das nove respostas das três turmas encontramos sete que caracterizaram as *forças* com *maior caráter espiritual/religioso*. Também incluímos a fala de um aluno da Turma 1: “A *energia* é *menos espiritual que a força* [...] *mesmo as duas sendo imateriais*”. Entretanto, duas respostas (Turma 1 e 3) associaram as duas como causa e efeito: *força é uma forma de geração de energia*. É difícil definirmos o grau de espiritualidade presente no próprio conceito científico de energia, entretanto estas respostas nos fazem acreditar que os alunos separaram os dois conceitos apenas pela espiritualidade do primeiro. Mas, diante das duas últimas respostas, nos perguntamos a que ponto eles reconhecem a energia como uma versão atual do conceito de *forças*. Para aprofundar essa análise analisamos outra pergunta.

A pergunta “Qual a relação do texto com a energia?”, que esteve presente em todos os questionários, auxiliou na análise. De oito respostas no total das turmas, quatro (Turma 1 e 2) apresentaram ideias semelhantes, exemplificadas por *Força = origem do conceito de energia*, enquanto outras três (Turma 3) foram deixadas em branco. A última, da Turma 1, trás uma visão diferente: *pesquisa de um homem sobre desgaste de energia*.

Estes resultados nos fazem crer que o trabalho com a narrativa auxiliou na compreensão de um caráter conservativo e de constante transformação do que chamamos hoje de energia, mesmo diante da dificuldade de defini-la cientificamente. Diante das respostas, os alunos parecem ter reconhecido nas *forças* de Mayer uma origem para o conceito de energia.

O calor era uma das *forças* identificadas por Mayer e apresentava grande importância nos seus estudos, pois seria um efeito inevitável em muitos processos de conversão. Vale lembrar que este foi a parte do conteúdo onde iniciamos o trabalho com a narrativa, logo uma pergunta importante foi: “Seria possível uma máquina que funcionasse para sempre sem nenhum acréscimo de ‘combustível’?”. Das seis respostas destacamos quatro: “*força principal vai virando calor e vai se perdendo e sumindo*”, “Não, pois o objeto em movimento perde certa quantidade em calor, assim ele perde sua força de pouco em pouco, precisando de alimentos para continuar a trabalhar”, “Força principal vai virando calor e vai se perdendo e sumindo”, e “não, pela perda de calor”. Também encontramos a fala de uma aluna: “*por causa da perda de calor, precisa de força e energia para funcionar*”. Encontramos nestas respostas o reconhecimento do calor como resultado do funcionamento de máquinas, térmicas ou não, representando um impedimento para um moto-contínuo.

Entretanto, diante dos processos de transformação estudados por Mayer, nos quais, ao considerarmos as dissipações de calor, algo se conserva, não faz sentido discutir sobre a

conservação deste algo sem levar em conta a sua quantificação. Os processos de conversão haveriam de ser medidos e matematizados, de forma a apresentar evidências empíricas às ideias de Mayer. Assim, a questão “O que é o coeficiente de conversão entre movimento e calor?” toma grande importância na conclusão desta análise. Dos seis grupos que responderam a esta questão, encontramos apenas uma resposta em branco. As outras cinco merecem destaque: (Turma 1) *quantidade de movimento capaz de gerar determinada quantidade de calor; é quantificar movimento em calor; medida que mostra que o movimento se transforma em calor*; (Turma 2) *é a quantidade de movimento que gera determinada temperatura*; (Turma 3) *jeito de medir calor por meio da força (movimento do peso que fazia a água se mexer e aquecer)*. O professor revelou ao grupo de pesquisa a grande dificuldade enfrentada pelos alunos para elaborar uma resposta a essa questão. Mas, mesmo assim, reconhecemos que a presença de termos como *quantidade* e *medida* mostra que os alunos compreenderam que há *algo* que perdura e se conserva na transformação de movimento em calor e que isto pode ser medido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados nas respostas e na fala dos alunos, acreditamos que a NH foi eficaz em trazer e discutir questões da NdC além de proporcionar reflexões em torno ao conceito de energia. A discussão realizada a partir das dúvidas dos alunos auxiliou na elaboração de uma visão de Ciência como construção humana, o que nos aproxima dos trabalhos realizados por Klassen (2009 e 2006).

A eficácia da NH, também, se traduz em uma maior facilidade, por parte dos alunos, de reflexão e compreensão do conceito de energia, diante da sua complexidade. Isto fica mais evidente quando destacamos alguns dos resultados acima apresentados: as discussões sobre movimento e calor como formas de energia e a existência de algo no universo que se apresenta em diversas formas, se transforma constantemente mas, ainda assim, se conserva.

Os resultados deste trabalho impulsionaram o grupo de pesquisa a prosseguir os estudos sobre energia em uma abordagem histórico-filosófica, como defendido em Valente (1999), além manter a construção e o uso de NH com as três turmas. No momento, mais duas narrativas já foram construídas e aplicadas, utilizando das experiências relatadas aqui como orientação às novas atividades e seus resultados estão em fase de análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLCHIN, D. (2004) Pseudohistory and Pseudoscience; *Science & Education* (13), pp. 179-195.
- BACHELARD, G. (1996) A formação do espírito científico, contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro.
- BARBOSA, J.P.V. e BORGES, A.T. (2006) O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio, *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2: p. 182-217.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. (1999) *Investigação qualitativa em Educação – Uma introdução à teoria e aos métodos*, Porto Editora.
- BRASIL (2002) Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC.

- COELHO, R. L. (2009) On the Concept of Energy: How Understanding its History can Improve Physics Teaching, *Science & Education* (18) pp. 961-983.
- DIAS, P.C. (2001) A (Im)Pertinência da História ao Aprendizado da Física (um Estudo de Caso); *Revista Brasileira de Ensino Física*, vol. 23, no. 2.
- GUERRA, A.; FREITAS, J. D.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. B. (1998) A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 15, n° 1.
- KLASSEN, S. (2009) The construction and analysis of a science story: a proposed Methodology; *Science & Education* (18), pp. 401-423.
- KLASSEN, S. (2006) The application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story; *Science & Education* (16), pp. 335-352.
- KUHN, T.S. (1977) A Conservação da Energia como Exemplo de Descoberta Simultânea, In: *A tensão essencial*. Lisboa: Edições 70.
- KUBLI, F. (2001) Can the Theory of Narratives Help Science Teachers be Better Storytellers?, *Science & Education* 10: pp. 595–599.
- MARTINS, R. A. (2001) Como Não Escrever Sobre História da Física - um Manifesto Historiográfico, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 23, no. 1.
- MARTINS, R. A. (1990) Sobre o papel da história da ciência no ensino, *Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência* (9): 3-5.
- MARTINS, R. A (1984) Mayer e a conservação da energia. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* (6): 63-95.
- MATTHEWS, M.R. (1995) História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-214.
- MATTHEWS, M.R. (1994). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. New York, London: Routledge.
- METZ, D.; KLASSEN, S.; MCMILLAN, B.; CLOUGH, M.; OLSON, J. (2007) Building a Foundation for the Use of Historical Narratives, *Science & Education* 16: pp. 313–334.
- MILLAR R., OSBORNE J. (1998) *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London, School of Education, London, UK.
- NORRIS, S.P.; GUILBERT, S.M.; SMITH, M.L.; HAKIMELAHI, S.; PHILLIPS, L.M. (2005) A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science, publicado online em 27 de Maio na Wiley InterScience: www.interscience.wiley.com.
- PRAXEDES, G.; JACQUES, V. (2009) O Princípio de Conservação da Energia: A Convergência dos Diferentes Sentidos, Enpec, Florianópolis.
- VALENTE, M. (1999); *Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia: contributo para uma didática crítica*, TESE (Doutorado em Ciências da Educação), Lisboa – FCT, UNL.