



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
GRADUAÇÃO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA

HISTÓRIA DA ENERGIA NO ENSINO DE FÍSICA

LUCAS MATHEUS DE SOUZA GOMES

GOIÂNIA - GOIÁS

2023

LUCAS MATHEUS DE SOUZA GOMES

HISTÓRIA DA ENERGIA NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura Plena em Física da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Me. Edson Vaz de Andrade

Coorientador: Prof. Me. Clebes Andre da Silva

GOIÂNIA - GOIÁS

2023

LUCAS MATHEUS DE SOUZA GOMES

HISTÓRIA DA ENERGIA NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Formação de Professores e Humanidades
da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como
parte dos requisitos para a obtenção do título de
Licenciatura Plena em Física

Data da Defesa: ____ de _____ de ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Edson Vaz de Andrade
Orientador
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Me. Clebes Andre da Silva
Coorientador
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof.^a Me.^a Lilian Rodrigues Rios
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

GOIÂNIA - GOIÁS
2023

Agradecimentos

Agradeço primeiro a Deus, que nos últimos quatro anos me deu forças para superar todas as dificuldades e finalmente chegar ao final do curso.

Agradeço a minha família por sempre acreditar em mim, apoiar os meus sonhos e estar presente nos momentos difíceis. Obrigado a cada um que me ajudou a não desistir nessa caminhada e sempre me motivando para chegar onde estou.

Agradeço ao Edson Vaz, que além de grande professor, foi orientador neste trabalho. Me ajudou bastante durante os estágios e me ensinou coisas que levarei para sempre na minha carreira profissional.

Agradeço também ao Clebes Andre, que durante meu ensino médio, me encorajou a seguir física, e durante a graduação, foi meu supervisor durante os estágios supervisionados, programa de iniciação a docência e programa de residência pedagógica.

RESUMO

A pesquisa relacionando história da ciência com o ensino de ciências vem crescendo desde as últimas décadas, e diversos autores apontam o potencial da história da ciência para superar alguns dos desafios no ensino de ciências. Dessa forma, esse trabalho recorre à história da ciência como um possível caminho para superar as adversidades no ensino de física. Além de trazer a importância em se usar a história da ciência, essa obra dá sugestões para superar algumas das dificuldades em se usar história da ciência no ensino. E por fim, tratamos sobre um projeto para aplicação de uma apresentação envolvendo história da energia em uma aula de física.

Palavras-chave: História da física. História da energia. Uso da história da física. Ensino de física.

SUMÁRIO

Introdução	6
Capítulo 1	8
História da ciência no ensino	8
1.1 - A importância da história da ciência	8
1.2 - Uso da história da física	9
1.3 - Dificuldades de usar história no ensino de física	11
1.4 - Como escolher uma fonte	12
Capítulo 2	16
Uma aplicação da história da ciência	16
2.1 Usando história	16
2.2 - História da conservação da energia	20
Capítulo 3	25
Comentários finais.	25
BIBLIOGRAFIA	27

Introdução

Segundo Moreira (2021) o ensino de física no Brasil é muito problemático, e esses desafios são antigos. Quando o físico Richard Feynman esteve no Brasil, em 1952, criticou seriamente a forma como a física era ensinada (FEYNMAN, 1988). Infelizmente, o interesse pelo ensino de física só ganhou força quase 30 anos depois, a partir da década de 1980, com a criação de encontros nacionais, pesquisas e pós-graduações na área (MOREIRA, 2018). Apesar dos esforços substanciais para melhorar o ensino no Brasil, o ensino de física encontra-se em crise (MOREIRA, 2018). Para Moreira (2017), a física contemporânea está desatualizada em conteúdo e tecnologia, focada na memorização e no ensino para testagem, escassa de conhecimento com significado para o aluno, abordando a física como uma ciência acabada.

Dessa forma, pode-se ouvir até hoje, o eco das palavras ditas por Feynman há 70 anos, afirmando que no Brasil não se ensina ciência e os estudantes não aprendem física. Mas por que isso acontece? Para Moreira (2021), ensinar e aprender física envolve conceitos, atividades experimentais, competências científicas, situações que façam sentido, dialogicidade e criticidade etc., condições que não estão sendo satisfeitas nos modelos que predominam em muitas escolas. Assim, um caminho que pode ser explorado para contornar essa problemática, é o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC), mais especificamente, História da Física, como recurso didático.

Primeiramente, cabe salientar que a história da ciência não irá refutar todas as dificuldades no ensino de física, mas pode trazer algumas respostas como: humanizar as ciências, desenvolver o pensamento crítico, contribuir para a superação da “falta de significação”, na qual fórmulas e equações são recitadas sem que muitos saibam o significado entre outros (MATTHEWS, 1995). Ademais, a história é considerada um foro, onde a análise conceitual pode ser feita, que permite rever conceitos, criticá-los, recuperar significados e os entender sob novas descobertas (DIAS, 2001). Assim, a história é um instrumento de formação de pensadores (DIAS, 2001), e usá-la aliada ao ensino de física, torna-se uma proposta interessante.

No entanto, usar a história da ciência não é algo fácil. Uma pesquisa realizada na UFRN com alunos da pós-graduação mostrou que por mais que muitos achem importante usar história da ciência na escola, a maioria não usa (MARTINS, 2007). O principal motivo apontado foi a falta de material didático adequado. Outras dificuldades subjacentes apontadas na época foram: o currículo escolar focado em exames vestibulares, carga horária baixa para abordar esses conteúdos, escolas apegadas ao ensino “tradicional”, falta de preparo na formação de professores, entre outros (MARTINS, 2007).

Apesar da pesquisa em história da ciência relacionada ao ensino de ciências ter ganhado força nas últimas décadas, e muitos autores ainda apresentarem benefícios em se usar história da ciência no ensino, podemos perceber que é uma prática que ainda se encontra distante da realidade de muitos docentes. Dessa forma, esse trabalho busca desmistificar um pouco o uso da história da ciência no ensino de física, defendendo o ponto de vista de alguns autores, mostrando alguns cuidados fundamentais para usar a história da ciência e compartilhar minha experiência nesse trabalho envolvendo uso de história da física no ensino.

A monografia está assim organizada. O capítulo 1 apresenta um panorama sobre o uso da história da ciência no ensino, abordando sua importância, as dificuldades envolvidas no percurso e os cuidados essenciais. O capítulo 2 apresenta uma proposta sobre o uso em sala de aula e um recorte histórico sobre a história da energia. O capítulo 3 se reserva aos comentários finais e logo a seguir as referências.

Capítulo 1

História da ciência no ensino

1.1 - A importância da história da ciência

Desde as primeiras décadas do século XX, a discussão sobre a história da ciência relacionada ao ensino passou a ganhar espaço no meio acadêmico (MATTHEWS, 1995). Diversos artigos, livros e até organizações surgiram, a fim de debaterem sobre os processos em volta da história da ciência. Apesar de não haver um consenso significativo, a maioria dos pesquisadores acredita que a inserção dessa temática é muito importante para o ensino de ciências (Guerra e Moura, 2016).

Para Matthews (1995), a história, a filosofia e a sociologia da ciência, não tem todas as respostas para os problemas no ensino de ciências, mas contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico, e pode ainda, aproximar-se dos interesses pessoais de alunos e docentes. Ainda discutindo sobre a reaproximação entre ciência e história, ele afirma que (MATTHEWS, 1995, p.166):

Os que defendem HFS tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem “contextualista”, isto é, em uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências.

Martins (2006) defende uma visão muito parecida com a de Matthews, afirmando que a história da ciência não é capaz substituir o ensino tradicional de ciências, no entanto, consegue contribuir de várias formas para o ensino de ciências. Para Martins (2006, p. XXII):

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações entre ciências, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influência e influenciando por sua vez, muitos aspectos da sociedade.

Indo além das concepções anteriores, Forato (2009) recomenda a história da ciência como um caminho para a educação científica. Para ela, usar a história da

ciência é um componente central para promover o letramento científico, além de servir como uma estratégia pedagógica que permite alcançar diversos propósitos formativos. Segundo Forato (2009, p. 7):

A história da ciência pode ampliar a cultura geral do aluno, admitindo-se que há valor intrínseco em compreender certos episódios fundamentais que ocorreram na história. Adequadamente contextualizada, a história da ciência permite uma reflexão crítica sobre a ciência como um produto dinâmico do conhecimento humano, criado por indivíduos em dado contexto cultural e histórico, revelando a face humana da ciência.

Ainda há muitos outros pesquisadores que defendem a importância de se trabalhar com a história da ciência, até o Ministério da Educação (MEC) reconhece essa temática, o que levou sua inclusão na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017 (MEC, 2023). Partindo dessa literatura, vemos que a história da ciência pode contribuir para um ensino mais contextualizado, e conseqüentemente, para um ensino que faça sentido para o aluno.

Outro papel importante para a história da ciência é desconstruir a visão equivocada que muitas vezes se cria em torno da ciência (MARTINS, 2000). Ainda é comum histórias sobre conceitos científicos e até sobre cientistas, que passam a impressão de que muitos desses feitos aconteceram ao acaso, quase que de forma mágica, e sem ligação com o contexto social da época (MARTINS, 2000; MARTINS 2005). Assim, a história da ciência pode ajudar a desmistificar essas concepções presentes ao longo da formação do aluno.

1.2 - Uso da história da física

A reaproximação entre ciência e seus valores sócio-históricos levou muitas pessoas a trabalharem a história da ciência. No entanto, diversos autores apontam que muitas vezes, é feita uma abordagem inadequada sobre a história da ciência, e conseqüentemente, ela não alcança os objetivos que justificam seu uso. Dessa forma, vamos apresentar alguns cuidados necessários para se usar a história da ciência no ensino de física.

O primeiro cuidado a ser tomado quando se usa história da ciência, é a “narrativa dos vencedores”. Alguns autores como Moura e Guerra (2016) e Martins

(2005) advertem sobre usar a história da ciência com ênfase no fato e nos cientistas envolvidos. Para eles, essa narrativa triunfalista, não contribui para entender o fenômeno científico em si, apenas transmite a ideia de que a ciência evolui alheia aos contextos sociais. Para Martins (2005, p. 314):

Este tipo de História da Ciência apresenta, muitas vezes, alguns indivíduos como gênios que tiraram suas ideias e contribuições do nada e outros como verdadeiros imbecis que faziam tudo errado. Passa ao leitor uma visão completamente distorcida do processo de construção do pensamento científico.

Outro cuidado importante é evitar as afirmações generalistas e a repetição de histórias que carecem de boas fontes bibliográficas. Segundo Martins (2001), há muitas pessoas que não são especialistas em história da ciência, e ainda assim, escrevem sobre ela. Portanto, é importante usar apenas recortes historiográficos produzidos por pessoas capacitadas em história da ciência (MARTINS, 2001).

Tomando os cuidados supracitados, torna-se mais fácil pontuar a questão mais importante quando se usa história da ciência, o método científico. Partindo dessa ideia, Moura e Guerra (2016, p. 740) afirma:

Utilizar a História da Ciência Cultural no Ensino de Ciências implicaria, portanto, o desenvolvimento de narrativas históricas para o ensino que deslocassem de seu núcleo principal os grandes nomes da ciência e como estes atuaram para o estabelecimento de novas teorias, colocando em seu lugar, as práticas científicas e como estas mudaram ao longo do tempo, além de como elas atuaram para alterar o conhecimento científico em si.

Ou seja, usar a história da ciência é dar ênfase aos processos científicos que foram usados para chegar a tal resultado, e como esses processos ocorreram ao longo da história (Guerra; Moura, 2016).

Por outro lado, Martins (2005) irá pontuar duas abordagens que considera essenciais para a história da ciência. Para ela, a história da ciência pode ter um caráter conceitual, que discute fatores científicos (visão muito parecida com a ideia de Moura e Guerra, 2016), ou não conceitual, focado nos fatores sociais, políticos entre outros, que envolvem a descoberta. A autora defende que (MARTINS, 2005, p. 306):

Um estudo completo envolveria os dois tipos de abordagem. Entretanto, embora em termos práticos tudo ocorra ao mesmo tempo, ou seja, os processos de proposta/fundamentação e o de aceitação ou rejeição não sejam independentes um do outro, esta distinção pode proporcionar maior clareza à análise de História da Ciência.

1.3 - Dificuldades de usar história no ensino de física

Vimos o quanto a história da ciência pode contribuir no ensino de física, no entanto, pouco desse potencial é explorado em sala de aula. Para explicar esse paradoxo entre o quanto os docentes acham importante o uso da história da ciência, e o tanto que de fato eles a usam, Martins (2007) trouxe algumas das principais dificuldades apontadas pelos professores. As dificuldades apontadas foram: A falta de material didático adequado; o currículo escolar; o tempo disponível; a resistência dos alunos e da escola; a formação dos professores; pouco interesse dos alunos, o planejamento e execução da aula; falta de interesse ou vontade do docente; pouco hábito de leitura dos alunos; a falta de interdisciplinaridade; custos dos livros.

Segundo Matthews (1995), o elemento mais importante para aproximar a história da ciência ao ensino de ciências, é a inclusão desses componentes de história e filosofia da ciência nos currículos nacionais. Essa tendência que vem ocorrendo na Inglaterra desde a década de 90, mostrou-se presente também no país de Gales, alcançando países como Estados Unidos, Holanda, Dinamarca entre outros (MATTHEWS, 1995), chegando também às diretrizes curriculares brasileiras. A BNCC aprovada em 2018 trouxe a inclusão da história e filosofia da ciência ao currículo de ciências da natureza. Esse foi um grande passo para contornar algumas das dificuldades associadas ao uso da história da física.

Outro passo importante foram as pesquisas no campo da didática da ciência, que vem ocorrendo nas últimas décadas, trazendo a atenção também para o ensino de física. Essa percepção tem contribuído para a implementação de disciplinas ligadas à história e filosofia da ciência na formação de professores (SILVA, 2014). Ao trazer a relação entre essas disciplinas na educação superior, Silva (2014) faz questionamentos se a forma como elas são trabalhadas nas IES, é suficiente para fomentar sua aplicação na educação básica. Esse estudo nos mostra que apesar das matrizes curriculares na educação superior incluírem essas disciplinas, o tema ainda não é explorado o suficiente, para impactar na educação básica (SILVA, 2014).

Quando o assunto é materiais didáticos, tem-se espaço para uma longa discussão. O maior desafio nessa parte, não é a quantidade de materiais em si, mas a qualidades dos materiais. Martins (2001) destaca que existem muitos livros e revistas discorrendo sobre história da ciência, mas nem todos são comprometidos

com o estudo histórico. Isso pode ser observado a partir da história de Arquimedes e a coroa do rei de Siracusa, que para Martins (2000), é um episódio sem embasamento histórico e científico. Uma análise crítica feita por ele (Martins, 2000) demonstrou os pontos fracos dessa história, que é reproduzida em salas de aulas e livros didáticos como se fosse um fato comprovado. Assim, fica evidente a carência de materiais adequados e a importância de filtrar os disponíveis.

Assim, na hora de escolher o material para o estudo da história da ciência, alguns pontos são importantes, como a fonte bibliográfica desse material. Para iniciar uma pesquisa em história da ciência, deve-se buscar seu conteúdo nas fontes primárias (obras escritas por pesquisadores do tempo em que ocorreu o fato em estudo) e fontes secundárias (estudos historiográficos sobre período ou autor pesquisado) (MARTINS, 2005). Falar em fonte primária e secundária pode parecer simples, mas muitas vezes pode tornar-se um serviço árduo e longo (GOMES, 2015).

1.4 - Como escolher uma fonte

Quando usamos fatos históricos no ensino de física, devemos ter cuidado com as fontes usadas para falar sobre a história da física, pois nem sempre, o fato pode ser verdadeiro. Segundo (MARTINS, 2000), questões baseadas em acontecimentos muito antigos, necessitam serem analisadas tendo como base documentos, testemunhos e objetos associados àquele tempo. Uma história que aparece em livros didáticos e merece uma atenção especial, é a história de Arquimedes e a coroa do rei de Siracusa. Aqui temos um trecho transcrito de um livro didático: Física volume 1, ensino médio, da Beatriz Alvarenga (Álvares e Luz, 2007, p.269) que narra essa história:

O rei havia prometido aos deuses, que o protegeu em suas conquistas, uma coroa de ouro. Entregou, então, certo peso de ouro a um ourives para que este confeccionasse a coroa. Quando o ourives entregou a encomenda, com o peso igual a do ouro que Hieron havia fornecido, foi levantada a acusação de que ele teria substituído certa porção do ouro por prata. Arquimedes foi encarregado, pelo rei, de investigar se essa acusação era, de fato, verdadeira. Conta-se que, ao tomar banho (em um banheiro público) observando a elevação da água à medida que mergulhava seu corpo, percebeu que poderia resolver o problema do rei. [...] É realmente Arquimedes conseguiu resolver o problema da seguinte maneira:

1º - Mergulhou em um recipiente completamente cheio de água uma massa de ouro puro, igual à massa da coroa, e recolheu a água que transbordou.

2º - Retomando o recipiente completamente cheio de água, mergulhou nela uma massa de prata pura, também igual à massa da coroa, recolhendo a água que transbordou. [...]

3º - Finalmente, mergulhado no recipiente cheio de água a coroa em questão, constatou que o volume de água recolhido tinha um valor intermediário entre aqueles recolhidos na 1º e na 2º operações. Ficou, assim, evidente que a coroa não era realmente de ouro puro. [...]

Para discutir a veracidade de uma história narrada, usando como exemplo a história de Arquimedes e a coroa do rei de Siracusa, Martins (2000, p. 116) acha viável utilizar um método que analisa 4 aspectos sobre o texto:

- 1) Quem descreveu os procedimentos, quando e a partir de que fontes de informação?
- 2) Esses procedimentos são possíveis e plausíveis (do ponto de vista científico)?
- 3) Que documentos, testemunhos e objetos do passado podem ser utilizados para tentar esclarecer esse ponto?
- 4) Até que ponto se pode chegar a uma conclusão segura sobre essa questão?

Para Martins (2000, p.117), analisando a história em relação ao aspecto 1, ele coloca que “O autor mais antigo que a descreveu foi Marcus Vitruvius Pollio, um arquiteto romano do século I a. C.[...]”. No entanto, “Vitruvius não viveu na época de Arquimedes e sim dois séculos depois, portanto suas palavras não constituem uma informação de primeira mão. Em que tipo de fonte ele baseou-se? Não sabemos.” (MARTINS, 2000, p.118).

Em relação ao aspecto 2, Martins (2000) questiona a viabilidade de se utilizar o método de mergulhar o objeto na água e medir a quantidade de água derramada, principalmente pela falta de instrumentos com precisão para medir a quantidade de água que seria derramada. Para Martins (2000), um método mais plausível para tal situação, seria o método descrito por Galileu. Segundo Martins (2000, p.119), “Galileu sugeriu que, em vez de utilizar o método descrito por Vitruvius, Arquimedes teria realizado medidas de peso (e não de volume) para resolver o problema...”

Martins (2000, p. 120) faz uma ressalva sobre a posição defendida por Galileu, pois:

“Galileu não foi nenhum historiador da ciência. Estava apenas se guiando por seus conhecimentos físicos e não por algum documento antigo que indicasse como Arquimedes havia realmente feito seus experimentos. Os argumentos de Galileu são fisicamente plausíveis, mas poderiam não corresponder à verdade histórica.”

Sobre o aspecto 3, Martins (2000) destaca não haver documentos da época de Arquimedes que sejam capazes de esclarecer essa questão. Segundo Martins (2000, p.120) “há mais de 100 anos, Berthelot localizou documentos bastante antigos que favorecem a interpretação de Galileu.” Os textos analisados por Berthelot mostraram que o método da balança hidrostática era descrito em tratados técnicos antigos, na resolução de problemas semelhantes ao da coroa (MARTINS, 2000).

Considerando o aspecto 4, Martins (2000) esclarece que não é possível afirmar se a interpretação correta para a história seria a de Vitruvius ou de Berthelot, pois não se sabe se a coroa sequer existiu. Mas ele destaca que se o fato realmente ocorreu, a interpretação de Berthelot é a mais plausível.

Ao analisar estes 4 aspectos, Martins (2000) conclui que essa narrativa sobre Arquimedes carece de fundamentos históricos e físicos, e alerta que histórias assim causam uma impressão equivocada sobre o desenvolvimento da ciência. Ele (MARTINS, 2000) também destaca que reproduzir histórias como essa é um serviço negativo para o ensino de física, pois não ensina como realmente poderiam ser resolvidos problemas semelhantes ao narrado.

Seguindo o argumento de Martins (2000), temos mais um trecho, transcrito de outro livro didático, e tomando os cuidados citados na análise anterior. O livro Física, volume 1, Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica, de Paul A. Tipler, traz a história de Arquimedes da seguinte forma (Mosca e Tipler, 2006, p. 457):

Arquimedes (287-212 a.C.) tinha sido incumbido da tarefa de determinar se uma coroa feita para o Rei Hieron II era de ouro puro ou tinha sido adulterada com algum metal mais barato, como prata. Porém, ele deveria fazer isso sem destruir a coroa. Para Arquimedes, o problema consistia em determinar se a massa específica da coroa, de formato irregular, era igual à massa específica do ouro. Como conta a história, ele descobriu a solução enquanto tomava banho em uma banheira, e imediatamente, saiu às ruas de Siracusa, despido e Eureka! (Achei!). Esse relâmpago de percepção precedeu as leis de Newton, usadas para deduzir o princípio de Arquimedes, por cerca de 1900 anos. O que Arquimedes encontrara, era um modo simples e preciso de comparar a massa específica da coroa com a massa específica do ouro, com o uso de uma balança. Ele posicionou uma balança em uma grande bacia, colocando a coroa sobre um dos pratos da balança e, sobre o outro, uma massa igual de ouro puro. Ele acrescentou, então, água à bacia, fazendo com que a coroa e o ouro puro ficassem submersos. A balança se inclinou, com a subida da coroa - indicando que o empuxo sobre a coroa era maior do que o empuxo sobre o ouro puro, uma vez que o volume de água deslocado pela coroa era maior do que o volume deslocado pelo ouro puro. Assim, ele observou que a coroa era menos densa do que o ouro puro.

Baseado no método descrito por Martins (2000), esse segundo fragmento se mostra como uma fonte mais apropriada para ser trabalhada em sala de aula, tendo em vista que possui evidências físicas mais relevantes que o trecho apresentado no primeiro livro.

Capítulo 2

Uma aplicação da história da ciência

2.1 - Usando história

A partir das dificuldades apontadas por muitos professores em se usar história da ciência no ensino, pretendemos oferecer um subsídio inicial para docentes que tiveram pouco ou nenhum contato com a temática abordada. Nesse viés, essa parte do trabalho trata sobre o caminho escolhido para usar a história da ciência nas aulas de física.

Para o desenvolvimento e aplicação do trabalho usando história da ciência, inicialmente, foi escolhida uma turma de primeiro ano do Colégio Estadual José Lobo. Para a aplicação do trabalho, foi pensada uma aula expositiva abordando a história da energia. A turma de primeiro ano foi escolhida por se tratar de uma turma que acompanho semanalmente na realização do estágio supervisionado e no programa de residência pedagógica. O tema da história da energia foi pensado a partir da recomendação do professor da escola campo, que sugeriu a história da energia cinética e potencial.

Após a definição do tema, foi iniciada a pesquisa bibliográfica, para buscar artigos e/ou monografias sobre o assunto. Infelizmente, muitas fontes essenciais para essa pesquisa encontram-se em domínio privado e/ou literatura estrangeira. Assim, tomando os cuidados já citados neste trabalho, optamos por apoiar esse trabalho na pesquisa de Gomes (2015), e tomamos a liberdade de usar algumas de suas citações, que foram retiradas de fontes físicas, sites privados ou literatura estrangeira. Por conseguinte, essa parte do trabalho foi fundamentada principalmente no artigo “A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para seu ensino e aprendizagem”, de Luciano Carvalhais Gomes, que dividiu sua obra em duas partes. Essa decisão se justifica, principalmente, pela dificuldade em encontrar fontes de acesso público sobre o assunto.

Em seguida, foi desenvolvido o referencial teórico sobre energia, que está presente no próximo título deste capítulo. A partir do referencial teórico, foram elaborados *slides* que seriam usados na apresentação aos alunos do 1º série do ensino médio. No segundo semestre de 2023, foi disponibilizado na Escola de

Formação de Professores e Humanidades (EFPH) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC GO) uma disciplina de História da Física, e o professor da disciplina, que é meu orientador neste trabalho, cedeu uma aula para que fosse apresentado aos alunos desta disciplina o trabalho que posteriormente seria usado com os alunos do Ensino Médio. A partir do *feedback* do professor regente e demais colegas da turma, foram realizadas algumas adaptações nos *slides* que seriam usados para a aula no ensino médio.

Apesar de haver preparado o material para a aula de física no ensino médio, a apresentação não foi realizada. Como a aplicação do trabalho ficou prevista para o quarto bimestre letivo da turma, a apresentação coincidiu com o período de avaliação e recuperação dos alunos. Dessa forma, o professor da escola campo recomendou que deixasse para dar continuidade na apresentação para o próximo ano, por meio do programa da residência pedagógica. Portanto, não tivemos como analisar a reação dos alunos do Ensino Médio em relação à aula envolvendo história da energia. Mas a reação e comentários dos colegas da disciplina História da Física na PUC GO, me deixaram bastante animado e confiante de que essa atividade será bem aceita pelos alunos.

A seguir temos parte dos *slides* que usei na apresentação aos colegas da PUC e que pretendo usar no próximo semestre para os alunos do Ensino Médio.

Figura 1 - *slide* utilizado para instigar os alunos a pensarem no processo socio-histórico da física.

The slide features a central yellow box with the text "Mas, quem colocou a equação na energia" and a question mark icon. To the right, there are two panels: the top one shows laboratory glassware (test tubes and a Bunsen burner), and the bottom one shows a calculator, a globe, and a lightbulb. Below the main text, a horizontal bar contains icons for a U-tube, a beaker, the chemical formula H_2SO_4 , an atomic model, and a green triangle.

Fonte própria

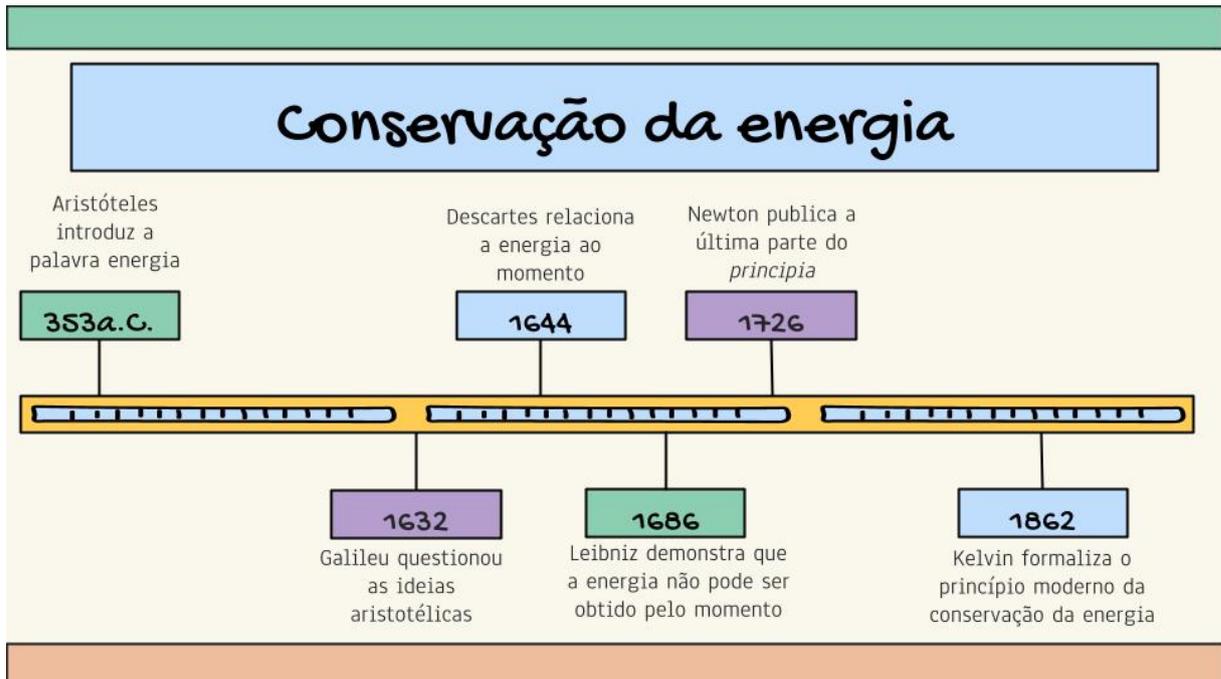
Figura 2 - *slide* utilizado para mostrar que a ciência evolui pela cooperação direta ou indireta de outros cientistas.

The slide is titled "Os responsáveis" and displays portraits of six scientists in colored boxes. Below each portrait is a name in a blue box and a full name with dates in a yellow box.

Portrait	Name (Blue Box)	Full Name & Dates (Yellow Box)
	Aristóteles	Aristóteles 384-322 a.C
	Galileu	Galileu Galilei 1564-1642
	Descartes	René Descartes 1596-1650
	Leibniz	Gottfried Wilhelm Leibniz 1646-1716
	Newton	Isaac Newton 1643-1727
	Coriolis	Gaspard-Gustave Coriolis 1792-1843

Fonte própria

Figura 3 - *slide* usado para mostrar que a linha do tempo do estudo da energia.



Fonte própria

Figura 4 - *slide* utilizado para explicar um dos conceitos modernos da energia

Richard Feynman

“há uma certa quantidade, denominada energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma ideia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma grandeza numérica que não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas um fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo”

Fonte própria

2.2 - História da conservação da energia

A etimologia da palavra energia tem sua origem do grego, e foi “cunhada” por Aristóteles. Ao trazer esse termo na *Metafísica*, o filósofo tinha uma ideia bem diferente do significado aceito atualmente (VALENTE, 1993). Usando a metáfora do escultor, Aristóteles diria que na conversão do mármore em estátua, parte da pedra é lançada fora, para dar lugar a escultura, ou seja, “[...] a matéria é a parte potencial atualizada pela ‘energia’ da forma; sendo matéria e forma inseparáveis, tanto quanto o atual é ele próprio potencial que alcançou complemento” (ELKANA, 1970 *apud* VALENTE, 1993, p.16). Isso torna evidente que desde o início, a definição de energia é muito imprecisa, o que leva Aristóteles a recorrer a exemplos concretos, para exemplificar sua ideia (GOMES, 2015).

Aparentemente, a energia não despertou a curiosidade de outros pensadores por bastante tempo - ou a ideia de Aristóteles foi muito bem aceita - pois não há referências de outros filósofos nos períodos subsequentes (GOMES, 2015). Na filosofia aristotélica, vemos que a ideia de transformação vem atrelada ao conceito de energia, bem como as ideias de atividade e movimento. Esses pensamentos ressurgem em alguns filósofos materialistas e espiritualistas do século XVIII (DELON, 1988, VALENTE, 1993, *apud* GOMES, 2015).

Na crença dos naturalistas, o “movimento”, a energia, de todo o universo, era resultado da interação entre a troca de energia dos corpos que constituem o universo (VALENTE, 1993). Assim como os materialistas, os espiritualistas, no qual Descartes está incluído, acreditavam que o dinamismo do universo poderia ser explicado por meio de fluxos e transformações de energia. No entanto, esse dinamismo era proveniente de Deus (VALENTE, 1993).

Nesse meio tempo, uma nova ideia começa a amadurecer, o princípio da conservação da energia. É bem difícil determinar a origem desse princípio, mas para Lindsay, esse princípio surge da ideia de que há uma “constância no meio de mudança” (LINDSAY, 1975 *apud* GOMES, 2015). Ao longo do tempo, algumas pessoas perceberam que a procura por algo constante nesses processos de “transformação”, poderia entender melhor esse processo (GOMES, 2015). Algumas das pessoas que reforçaram esse argumento foram Galileu Galilei, René Descartes e Leibniz (LINDSAY, 1975 *apud* GOMES, 2015).

Analisando primeiramente as ideias de Galileu, notamos que uma de suas preocupações foi demonstrar que o *impetus* fornecido a um corpo, ficaria constante, a menos que houvesse alguma resistência (GOMES, 2015). Assim, ele concluiu que, em condições ideais, uma bola solta de uma certa altura de um plano inclinado, deveria atingir a mesma altura em outro plano inclinado colocado à sua frente. Tendo em vista que as alturas são idênticas, o mesmo *impetus* adquirido na descida, é perdido na subida (GOMES, 2015).

Partindo para as contribuições de Descartes, vemos que ele acreditava que o movimento tinha duas causas distintas: “a causa primária e universal, que produz geralmente todos os movimento que existem no mundo, e as causas secundárias e particulares, que fazem com que cada parte da matéria adquira o movimento que antes não possuía.” (GOMES, 2015, p.419). Como espiritualista, Descartes atribuiu a causa primária a Deus e as secundárias, seriam as leis da natureza (DESCARTES, 1997 *apud* GOMES, 2015). Para resumir as ideias de Descartes, “desde o momento da Criação, a quantidade de movimento total do Universo se conserva, seguindo certas leis criadas por Deus.” (GOMES, 2015).

Chegando finalmente a Leibniz, temos o advento de um novo termo, a *vis viva*, que para Leibniz, seria a força viva (GOMES, 2015; PONCZEK, 2000). Ele não foi o único a usar o termo força para referir-se a energia, Julius Robert Von Mayer que dedicou parte de sua vida ao estudo da energia, usou a mesma terminologia (o termo força) que Leibniz (MARTINS, 1984; PONCZEK, 2000; GOMES, 2015). É importante salientar que ao usar a palavra força, os cientistas acima não tinham qualquer intenção de relacionar o novo termo ao conceito de força de Newton, e referia-se somente a conservação da energia (MARTINS, 1984; PONCZEK, 2000).

Tendo ciência dessa diferença, podemos partir para o que era a *vis viva* e a influência que ela exerceu em seu tempo. Para Leibniz, havia uma força conservativa no universo, a *vis viva*, e essa, seria diferente da quantidade de movimento (ou $m.v$), como foi proposto por Descartes (GOMES, 2015). Leibniz demonstrou matematicamente que a *vis viva* não poderia ser expressa em termos de “ $m.v$ ” - quantidade de movimento - mas deveria ser expressa como “ mv^2 ” - que seria a *vis viva* (PONCZEK, 2000; GOMES, 2015). Essa oposição à ideia de Descartes gerou polêmica na comunidade científica da época, dividindo opiniões entre os cartesianos (seguidores de Descartes) e os seguidores de Leibniz, num episódio que ficou conhecido como controvérsia da *vis viva* (PONCZEK, 2000; GOMES, 2015).

Um marco importante nesse percurso foi a publicação dos *Principia* de Newton. Segundo PONCZEK (2000), somente após a formulação completa das três leis do movimento é que a força passou a ser percebida como algo *extrínseco* ao corpo, e conseqüentemente, foi possível separar claramente os conceitos de volume, peso, força e massa.

Esses foram precursores de uma problemática que mais tarde levaria Carnot, Navier, Coriolis, Poncelet, Joule, Kelvin entre muitos outros, a buscarem explicações para essa força constante nos meios de mudança (GOMES, 2015). Poderíamos falar sobre a contribuição individual deles no estudo da energia, no entanto, isso tornaria esse trabalho muito mais longo, e por sorte, Gomes (2015) fez um trabalho minucioso sobre isso, o qual se encontra em domínio público, podendo ser consultado na internet. Dessa forma, vamos sintetizar a seguir, como foi concebido o conceito moderno de energia bem como a fórmula atual para a energia cinética.

Começando por Johann Bernoulli, Lindsay (1975, p. 111 *apud* GOMES, 2015) localizou uma carta escrita em 1717 pelo matemático suíço, na qual ele relaciona a palavra energia a uma equação (GOMES, 2015). Apesar disso, Gomes (2012) traz que, para alguns autores como Rankine (1881), Tait (1864), Harman (1982), Coelho (2007) entre outros, Thomas Young em 1807, teria sido o primeiro a associar energia a uma equação. Todavia, foi Coriolis, que em 1829, usando uma nomenclatura diferente, concebeu a equação da energia cinética tal como conhecemos hoje - $\frac{mv^2}{2}$.

Já Carnot e Joule, partindo do pressuposto da conservação da energia, realizaram muitos trabalhos envolvendo energia mecânica e termodinâmica (GOMES, 2015). Uma peça que foi fundamental nisso tudo, William Thomson, também conhecido como Lord Kelvin, realizou muitos estudos na área da termodinâmica, e após analisar minuciosamente algumas obras científicas (como as de Joule e Carnot), foi capaz de formular a conservação da energia tal como conhecemos hoje (GOMES, 2015). Juntamente com Rankine, Kelvin trouxe algumas terminologias como dissipação de energia, energia potencial e energia cinética (GOMES, 2015), que são utilizadas até hoje.

Apesar de concentrar esse trabalho em poucos cientistas (Galileu, Joule, Kelvin etc.), o trabalho de Gomes (2015) mostra que muitos outros cientistas foram fundamentais nesse processo e até mesmo chegaram a conclusões semelhantes

sobre a conservação da energia, de forma independente. Para explicar o porquê de muitos deles não serem citados, Elkana (1970 *apud* GOMES, 2015, p. 761) diz que:

[...] Rankine era geralmente muito escrupuloso em seus agradecimentos e muito ciente de qualquer tipo de inovação. Como explicar, então, essa omissão? Uma possível explicação é que na mente de Rankine, como nas mentes de Joule, Thomson, Helmholtz e Clausius, esses princípios rapidamente apareceu auto-evidente quanto a teoria dinâmica do calor foi estabelecida na forma final, e as aparentes discrepâncias entre as teorias de Joule e Carnot foram removidas.

Em suma, vemos que a dúvida que intrigava a Aristóteles desde antes de Cristo, levou algumas centenas de anos, até ser questionada de forma científica, no século XVII. E após os primeiros trabalhos de Galileu, em 1632, foram mais de 200 anos de muito esforço de vários cientistas, para somente em 1862, serem capazes de formular os primeiros conceitos modernos da conservação da energia. E segundo Gomes (2015) o melhor definição moderna do conceito físico de energia foi apresentado por Feynman (2005, p. 91 *apud* GOMES, 2015):

[...] há uma certa quantidade, denominada energia, que não muda nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma ideia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma grandeza numérica que não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas um fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo [...]

Segundo Gomes (2015, p.762), “com esses cuidados, podemos evitar reproduzir no universo reificado as três principais ideias associadas à energia no universo consensual”. Para Pacca e Henrique (2004, *apud* Gomes, 2015, p. 762), esses três princípios (usados no universo consensual) são:

- Energia - causa/fonte: energia como um agente causal, como algo que os corpos possuem que lhes capacitam a realizar alguma ação, produzir mudanças, transformações no ambiente. Assim, o carvão, o Sol, a eletricidade têm energia, pois, por si mesmos, provocam a ação de iluminar, esquentar, movimentar, etc.
- Energia - movimento/ação: a energia torna-se concreta na atividade explícita de um objeto em movimento. Assim, por exemplo, corpos que se movem têm energia.
- Energia - subsistência: a energia é algo que tem existência quase material e pode ser armazenada dentro dos objetos. Assim, por exemplo, quando se fala que a comida e o carvão têm energia armazenada, sugerem-se, muitas vezes, a ideia de uma substância ativa. A própria linguagem frequentemente utilizada em relação à energia - gastar energia, produzir energia, a energia desaparece - sugere a ideia de algo

concreto, com existência real como um objeto. Em todas essas ideias, a energia está incorporada/integrada, de algum modo, a um corpo e, dependendo da situação, pode-se privilegiar uma delas.

Assim, esses três princípios (usados no universo consensual) podem ser resumidos em energia como causa/fonte, energia como movimento/ação ou energia como uma substância, e devem ser evitados na hora de definir o conceito científico de energia (Pacca; Henrique, 2004). Assim encerramos nossa pesquisa sobre a história da energia.

Capítulo 3

Comentários finais.

A física é uma ciência, e como as demais, não surge pronta. Existe um processo longo e complexo para a construção dos conceitos científicos. Há uma relação entre a construção desses conceitos e o meio sociocultural onde eles são desenvolvidos. Até mesmo a crença religiosa ou política dos cientistas influenciam na formação da ciência. E desconsiderar esses fatores, muitas vezes pode gerar no aluno a ideia de que a física é uma ciência mística, que surge do nada, que só pode ser aprendida por pessoas com capacidades acima da média ou que a física não tem relação nenhuma com a vida do estudante fora da escola. Dessa forma, a história da ciência pode ser um caminho possível para superar esses pré-conceitos? Como mostrado ao longo do trabalho, a história da ciência pode contribuir de várias formas e trazer muitas respostas à crise existente no ensino de física, desde que, seja usada da forma correta. Também foi apresentado alguns cuidados importantes para evitar o uso de obras que não são produzidas por especialistas em história da ciência. De forma semelhante, relatamos o caminho escolhido por nós para usar a história da ciência e deixamos um recorte historiográfico sobre o estudo da energia, para servir de incentivo para aqueles que buscam se aprofundar na história da física. De fato, usar história da física não é um processo fácil, mas por meio deste trabalho, mostramos que apesar dos impasses, a história da física é um caminho possível.

Infelizmente, como já citado anteriormente, até a apresentação desse trabalho, não foi possível realizar uma intervenção com os alunos de ensino médio usando a história da física. Assim, não temos para a conclusão desse trabalho, a reação dos alunos sobre a aula utilizando a história da história da ciência. Pretendo em um momento mais oportuno, retomar essa iniciativa e usar esse material no ensino médio, para estar ciente da reação dos alunos.

Por fim, gostaria de trazer um breve relato pessoal sobre o desenvolvimento deste trabalho. Escolhi o tema de história da física, motivado pela “narrativa dos vencedores”, e ao longo do trabalho, descobri que ensinar história da física não era bem diferente do que eu acreditava. Isso despertou meu interesse para além da história da física, levando-me a pensar a história da ciência como um todo. Por mais

árduo que tenha sido a pesquisa bibliográfica, chego ao fim deste trabalho com o sentimento de realização por ter superado esses obstáculos. Espero que veemente que esse trabalho possa encorajar outros (as) a pesquisarem sobre a história da ciência e sanar algumas dúvidas daqueles que já estudam sobre.

BIBLIOGRAFIA

DIAS, P. M. C. A (im) pertinência da história ao aprendizado da física (um estudo de caso). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, junho 2001. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p738>.

GOMES, L. C. A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte II. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 738–768, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5007/21757941.2015v32n2p407>.

_____ A história da evolução do conceito físico de energia como subsídio para o seu ensino e aprendizagem – parte I. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 407–441, 2015. DOI: 10.5007/21757941.2015v32n2p407.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112–131, 2008.

MARTINS, L. A. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115–121, 2000..

_____ Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. P. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

_____ Como Não Escrever Sobre Historia da Física - um Manifesto Historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, março 2001.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dezembro 1995. Disponível em:

MEC, 2023 - HISTÓRICO da BNCC. Base Nacional Comum. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 21 nov. 2023.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021. DOI <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>.

_____. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018. DOI: 10.1590/s0103-40142018.3294.0006.

_____. Grandes desafios para o ensino de física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017. DOI: 10.26512/rpf.v1i1.7074.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências?. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 725-748, dezembro 2016.

PACCA, J. L. A.; HENRIQUE, K. F. Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, 2004, Vol. 22, n.º 1, pp. 159-166.

SILVA, B. V. C. A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES: UM ESTUDO NO CURSO DE FÍSICA DA UFPI. **Revista Ciências & Ideias**, v. 5, n. 1, p. 39-50, março 2014.

VALENTE, M. J. P. **A pedagogia do conceito de energia**: contributo para a utilização formativa do conceito de energia. 1993. Tese (Mestrado em Ciências da Educação: área de Educação e Desenvolvimento) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1993.