

Historical-experimental approach to electricity and electromagnetism in Chemistry classes in high school

Abordagem histórico-experimental da eletricidade e eletromagnetismo em aulas de Química no Ensino Médio

Juliana Pereira¹, Antonio da Silva Florencio², Priscila Tamiasso-Martinhon³, Célia Sousa³, Angela Sanches Rocha¹

¹Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, IFRJ

³Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ

jupfb21@gmail.com, universidadedaquimica@gmail.com,
pris-martinhon@hotmail.com, sousa@iq.ufrj.br, angela.sanches.rocha@gmail.com

Recebido: 4/12/2019

Aceito: 8/12/2019

Publicado: 13/12/2019

Abstract. *This paper presents a didactic sequence (DS) on electricity and electromagnetism applied to first-year students of the Federal Institute of Technology of São Gonçalo. This SD was elaborated to include historical aspects in the development of this area of knowledge, as well as videos and experiments. The students indicated that they had approved the class, being motivated by the dynamics performed and, according to the mind maps they made after the class, it is possible to say that several contents were learned by them.*

Keywords: *Didactic sequence. Electricity and electromagnetism. Historical context*

Resumo. *Neste trabalho apresenta-se uma sequência didática (SD) sobre eletricidade e eletromagnetismo aplicada a alunos do primeiro ano do Instituto Federal de Tecnologia de São Gonçalo. Esta SD foi elaborada de modo a incluir aspectos históricos no desenvolvimento desta área do conhecimento, além de vídeos e experimentos. Os alunos indicaram ter aprovado a aula, ficando motivados pela dinâmica realizada e, segundo os mapas mentais que confeccionaram após a aula, é possível dizer que vários conteúdos foram aprendidos por eles.*

Palavras-chave: *Sequência didática. Eletricidade e magnetismo. Contexto histórico*



1. Introdução

A busca pelo conhecimento está embasada nas percepções filosóficas, sendo possível destacar as premissas de Platão na construção da verdade, nas quais a capacidade intelectual do indivíduo é mais importante do que suas percepções do mundo que o rodeia. Sob este ponto de vista, a observação da natureza tem menor importância para sua compreensão (GOTTSCHALL, 2003).

Contudo, à medida que o homem foi entendendo melhor o mundo, o empirismo associado à experimentação foi se tornando cada vez mais importante para se desvendar os acontecimentos científicos. Em meio a estes avanços, se destacam os alquimistas, que nos idos da Idade Média basearam suas atividades de pesquisa principalmente na realização de experimentos químicos (CHASSOT, 1995).

Na perspectiva do ensino de ciências, a experimentação é considerada uma aliada, pois está implicada no desenvolvimento do pensamento científico. Para que ocorra o progresso da ciência, segundo Bachelard é necessário a realização de experimentos exigentes aplicáveis a situações de aprendizagem (BACHELARD, 1996). Sendo assim, o uso de experimentos como ferramenta auxiliar de ensino pode incentivar alunos a (re)significar o conhecimento prévio de modo a construir um conhecimento mais abrangente, tornando a aprendizagem mais significativa (GUIMARÃES, 2009).

Por outro lado, a inclusão da História e Filosofia da Ciência no ensino de científico tem sido reconhecida como uma estratégia motivadora e que estimula o desenvolvimento da criticidade dos alunos, o que é importante na formação do cidadão (OKI; MORADILLO, 2008).

Os fatos históricos ligados às ciências podem ser abordados implicitamente, por meio de atividades investigativas, ou explicitamente, nos quais o conteúdo a ser trabalhado inclui materiais elaborados para o ensino. O que se espera é que a inclusão de exemplos históricos possibilite discussões e reflexões que promovam o aprendizado e desenvolvimento de senso crítico (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Especificamente, no âmbito do estudo das ciências, pode-se destacar a eletricidade, que trata um fenômeno que ocorre naturalmente ou de forma controlada, e que é conhecido pelo homem desde que se tem notícia (TONIDANDEL et al., 2018). No entanto, apesar de ser conhecido desde os primórdios, o controle e compreensão da natureza da eletricidade são eventos mais recentes na história da humanidade. Vários foram os cientistas e estudiosos que investigaram a eletricidade e o eletromagnetismo, contribuindo para o estágio atual que chegamos do controle destes fenômenos (DOS SANTOS et al., 2016).

A eletricidade e o eletromagnetismo estão inegavelmente, presentes quase em todo instante no nosso cotidiano. Diante disto a motivação desta pesquisa consistiu na aliança das descobertas sobre estes tópicos juntamente com a passagem do tempo, de maneira a

facilitar ao aluno construir uma sequência de fatos ao longo da história e não descobertas isoladas sem nenhum tipo de motivação. Discutindo “o processo pelo qual a ciência e a tecnologia foram construídas” tem-se consciência de que são uma produção cultural, atreladas a um tempo e um espaço específicos (GUERRA et al., 2004).

Vale ressaltar que, no Brasil, tanto a inclusão da história das ciências quanto da experimentação como estratégias de ensino, estão explicitadas em algum documento oficial, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) e as Novas Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação.

Este trabalho apresenta os resultados de uma sequência didática apresentada no âmbito de uma aula de química sobre eletricidade e eletromagnetismo, dentro do contexto histórico no qual o conhecimento foi se desenvolvendo, incluindo vídeos e experimentos como atividades motivacionais e facilitadoras da aprendizagem.

2. Metodologia

Para a pesquisa em questão, optou-se por realizar uma aula expositiva dialógica qualitativa e sob um contexto histórico, realizada por meio de uso de slides, vídeos e experimentos. A metodologia foi elaborada na forma de uma sequência didática (SD), incluindo a exposição de vídeos curtos (informações apresentadas no Quadro 2 da sessão de resultados), experimentos e o conteúdo histórico básico que envolvia o tema eletricidade e eletromagnetismo.

A proposta de aula para o tema foi apresentada e aplicada em 2 turmas de segundo período do Ensino Médio Técnico no Instituto Federal do Rio de Janeiro localizado em São Gonçalo. Estas turmas equivalem ao primeiro ano do Ensino Médio, 202-A contendo 21 alunos estando presentes 19 alunos, e 202-B contendo 24 alunos estando presentes 23 alunos, no turno da tarde. A Tabela 1 contém informações a respeito do perfil dos alunos que participaram das aulas.

Tabela I. Perfil etário dos alunos das duas turmas.

Turma	15 anos	16 anos	17 anos	18 anos
202-A	8	8	4	1
202-B	8	9	5	1

Como ferramenta de avaliação da metodologia aplicada em sala e coleta de dados, foi proposto respectivamente um trabalho para a construção de mapas mentais sobre o que foi abordado em sala e um questionário composto por perguntas abertas. Os alunos foram convidados a confeccionar mapas mentais em casa, sobre os assuntos debatidos. Estes mapas serviram como método avaliativo da proposta de aula, com o objetivo de mensurar e analisar o quanto a proposta havia contribuído para a compreensão do conteúdo. A esta avaliação atribuiu-se um máximo de 2 pontos.

O questionário investigativo com intuito de analisar a opinião dos alunos sobre a abordagem aplicada, foi preenchido após a aula, mas dentro da sala, sendo opcional e não incluído na média do aluno. Foi composto pelas seguintes perguntas: (i) o que é eletricidade?(ii)como esta mudou a nossa sociedade? e (iii) qual sua opinião sobre a metodologia aplicada, ressaltando os pontos positivos e negativos.

Nas duas turmas a aula ministrada teve duração de 4 tempos, totalizando 3 horas de aula. Deste tempo total foram reservados 20 minutos para intervalo e 15 minutos para o preenchimento do questionário investigativo no auditório da escola.

No primeiro momento os conceitos iniciais sobre eletricidade e eletromagnetismo foram abordados, de forma qualitativa, sem incluir equações. No segundo instante, apresentou-se uma linha de tempo histórica sobre o assunto, seguida de apresentação de alguns cientistas selecionados, ressaltando curiosidades de suas vidas, nacionalidade, data de nascimento e morte e ofício. Para apresentar a teoria de cada cientista abordaram-se as motivações individuais de cada um para o estudo daquele conhecimento. Experimentos demonstrativos sobre os conceitos expostos na apresentação foram realizados.

No primeiro momento da SD, os alunos foram questionados sobre “como vocês definiriam eletricidade?” e após algumas respostas, foi-lhes apresentada a definição de eletricidade e como esta pode ser dividida basicamente em eletricidade estática, eletricidade dinâmica e eletromagnetismo.No segundo momento foi-lhes perguntado quando todo esse estudo sobre a eletricidade poderia ter começado. Após ouvir algumas respostas, mostramos a eles uma linha do tempo da história da eletricidade, com intuito de abordar que os conceitos entorno da eletricidade foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo, após muita pesquisa.

No terceiro momento, foi apresentado Tales de Mileto e sua experiência com o âmbar e as penas de ganso. Realizou-se então o experimento de atritar uma régua e aproximá-la de papéis picotados para assim explicar o porquê da atração, introduzindo-se os conceitos da eletricidade estática.

No quarto momento foi-lhes apresentado o cientista Stephen Gray e sua categorização de materiais isolantes e condutores, explicando para os alunos o porquê desta característica dos materiais. Para elucidar esta categorização, realizou-se um experimento utilizando um globo de plasma, uma chave de fenda, moeda, borracha, madeira e água para que fosse observada a condução do material do globo para a chave de fenda. Foi passado o vídeo 1 mostrando a utilização deste conceito em nosso dia a dia.A descrição dos vídeos será realizada na sessão de resultados.

No quinto momento, para introduzir o conceito de eletricidade dinâmica foi explicada oralmente a experiência de Benjamin Franklin e o cenário político e social no qual ele estava inserido na época, que no caso era o movimento Iluminista.

No sexto momento, foi-lhes apresentado “a primeira guerra da eletricidade” entre Luigi Galvani e Alessandro Volta. Foram apresentados os vídeos 2,3 e 4 os quais explicavam o porquê da rivalidade entre ambos e suas contribuições.

No sétimo momento, foram introduzidos os conceitos envolvidos no eletromagnetismo, apresentando-se Michael Faraday. Os conceitos abordados foram campo elétrico, campo magnético e as suas correlações. Para tornar mais palpável estes conceitos abstratos, foram utilizados ímãs de radar e foram chamados voluntários para mostrar a força de atração e repulsão de polos. Utilizou-se também ímãs de neodímio e óxido de ferro para mostrar a característica de alguns materiais interagirem com um campo magnético e para a visualização das linhas de campo, foi utilizado o *Magview*.

No oitavo momento da aula foram apresentados Thomas Edison e Nikola Tesla e a introdução da “segunda guerra da eletricidade”. Para isto foram passados os vídeos 5,6,7 e 8. A experimentação realizada nesta etapa foi através de uma bobina de Tesla caseira e a aproximação de uma lâmpada, com intuito de mostrar a intensidade do campo elétrico gerado.

No nono momento da aula, foi citado o prêmio Nobel de Química de 2019 sobre as baterias de íon Lítio para demonstrar como a eletricidade e geração de energia são tópicos estudados até hoje.

3. Resultados e discussão

De forma a organizar os tópicos a serem discutidos, estes serão apresentados em forma de títulos e seus respectivos subitens.

3.1. Cientistas/Pensadores e momentos históricos

Para a seleção dos cientistas/pensadores a serem abordados na apresentação, levou-se em conta o impacto das teorias no ramo tanto científico como no histórico. A apresentação dos cientistas selecionados para os alunos se deu de modo a enfatizar falhas e acertos de cada um destes nomes, além de características pessoais, motivações para estudo e contexto político e social no qual estavam inseridos. No Quadro 1 segue a relação dos cientistas selecionados e os tópicos abordados.

Quadro 1: Correlação dos cientistas/pensadores selecionados e os tópicos

Cientistas/Pensadores	Tópicos abordados
Tales de Mileto	Experiência com âmbar e penas
Stephen Gray	Materiais condutores e isolantes
Benjamin Franklin	Experiência com raios
Alessandro Volta vs Luigi Galvani	Pilha vs Eletricidade animal
Michael Faraday	Eletromagnetismo
Thomas Edison	Invenção da lâmpada e defensor da corrente contínua

Nikola Tesla	Defensor da corrente alternada
Prêmio Nobel de Química	Baterias de íonLítio

3.2. Vídeos Selecionados

O critério de seleção dos vídeos para serem exibidos ao longo da apresentação foi baseado em trechos que poderiam ter conteúdo e curiosidade sobre os cientistas, contexto histórico no qual estava inserido, sua motivação para o estudo, aplicação no cotidiano nos dias atuais, explicação do desenvolvimento da descoberta ou mesmo para pegar um conceito que seja abstrato e mostrá-lo de uma forma mais palpável, como por exemplo o conceito de corrente elétrica.

O grande intuito do uso de vídeos foi para situar os alunos como e onde as descobertas foram feitas, cada uma de acordo com sua época, mostrando como era rústica a pesquisa científica em seus primórdios. O outro objetivo da passagem dos vídeos foi de mostrar uma narrativa sobre algum episódio marcante na história da eletricidade e algumas características e curiosidades dos cientistas.

O Quadro 2 mostra a correlação dos trechos passados e seus respectivos temas na ordem de execução, além do tempo de cada um. Os vídeos são fragmentos de filmes ou documentários e podem ser baixados diretamente do link <https://www.dropbox.com/sh/p6q782z9wucoj0z/AAC3xJfvKDt7ExyTc0BJu7GVa?dl=0>. As informações históricas foram obtidas dos vídeos e de Tort (2009).

Quadro 2: Trecho de documentários e séries e seus temas.

Cientista ou conceito	Duração do vídeo	Fonte do vídeo	Assunto do vídeo	Objetivo do vídeo
Stephen Gray	45 s	A história da eletricidade episódio 1 BBC	Redes de transmissão de energia	Mostrar a utilização do conceito nos dias de hoje
Luigi Galvani	1 min e 50 s	A história da eletricidade episódio 1 BBC	Teoria da eletricidade animal	Desenvolvimento de sua pesquisa e defesa de seus dogmas religiosos
Alessandro Volta	1 min e 26 s	A história da eletricidade episódio 1 BBC	Descoberta da Pilha	Desenvolvimento de sua pesquisa e defesa dos seus ideais iluministas
Corrente	38 s	A história da	Corrente contínua	Tornar mais palpável

elétrica contínua		eletricidade episódio 1 BBC	a	ao aluno o conceito de corrente contínua
A pilha de Volta	1 min e 40 s	A história da eletricidade episódio 1 BBC	Impactos da descoberta da pilha	Mostrar sua contribuição e importância nos vários âmbitos da ciência
Michael Faraday e as linhas de campo	27 s	Série Cosmos, episódio 10 FOX.	Comportamento das linhas de campo por Faraday	Tornar mais palpável o conceito de campo magnético e linhas de campo
Guerra das correntes	1 min e 43 s	A história da eletricidade episódio 2 BBC	Disputa entre Thomas Edison e Nikola Tesla.	Mostrar aos alunos o entrave entre esses dois cientistas para comprovarem suas teorias
Desfecho da guerra das correntes	2 min e 24 s	A história da eletricidade episódio 2 BBC	Fim do impasse entre a corrente alternada e a corrente contínua	Mostrar as falhas e características dos cientistas, tornando-os mais humanos.

3.3. Experimentos

Durante a apresentação, foram realizados alguns experimentos de maneira a demonstrar as teorias que estavam sendo expostas oralmente. O Quadro 3 mostra os experimentos feitos e o assunto envolvido, além dos materiais utilizados de acordo com seus objetivos.

Quadro 3: Experimentos e seus materiais e objetivos.

Experimento	Material	Objetivo
Eletrificação por atrito	Papel picado e régua	Explicar o processo de eletrificação por atrito
Teste de condutividade elétrica dos materiais	Globo de plasma, chave de fenda, moeda, borracha, madeira e água	Demonstrar a capacidade de conduzir corrente entre os materiais
Imã e super ímãs	Imã de radar, ímãs de neodímio, óxido de ferro	Interação dos alunos com as forças de atração e repulsão dos pólos de um ímã e visualizar o comportamento do Fe_2O_3 submetido

		ao campo magnético
Linhas de Campo	<i>Magview</i> e ímãs de neodímio	Visualização das linhas de campo pelo <i>MagView</i>
Mini bobina de Tesla	Bobina de Tesla caseira e uma lâmpada fluorescente	Utilização de uma mini bobina projetada por Tesla e o conceito de campo elétrico

3.4. Questionário Investigativo

O questionário investigativo incluiu três perguntas: O que é eletricidade para você? O objetivo desta pergunta foi avaliar se os alunos após a aula, conseguiriam trocar os conceitos sobre eletricidade provindos do senso comum pelos de caráter científico.

Os resultados mostraram que, alguns alunos ainda utilizaram argumentos genéricos para suas respostas, definindo eletricidade somente como uma forma de energia e sua importância no cotidiano, enquanto que a eletricidade é o fluxo ordenado de elétrons ou íons. Isto indica que por mais que a eletricidade esteja presente na vida diária, ainda é um conceito muito abstrato para os alunos.

Porém, tivemos também alguns alunos tentando responder de maneira mais científica, por mais que sua definição não estivesse correta. Mas como o intuito da pergunta era de justamente estimular este pensamento, a resposta mesmo que incorreta denota um bom indicativo. Isto pode ser evidenciado no trecho seguinte escrito por um aluno:[...] Eletricidade é a energia principal do mundo, produzida pela movimentação dos elétrons. [...] Eletricidade é uma corrente onde percorre elétrons e íons. (Falas discentes).

A segunda pergunta foi: Na sua concepção, a descoberta e domínio da eletricidade teve algum impacto em nossa sociedade? Quais? A proposta era levar o aluno a refletir sobre pontos da sociedade no qual está inserido, identificando os conceitos abordados durante a aula, em seu cotidiano e na história da humanidade como um todo. Todos os alunos reconheceram a importância e os impactos do domínio da eletricidade em suas vidas.

Os resultados demonstram que 37% dos alunos correlacionam o domínio da eletricidade com os avanços tecnológicos. A justificativa deste impacto em sua maioria foi explicada pela utilização dos telefones. Muitos relatos apontam a dependência da sociedade em relação à da energia elétrica apontando-a como facilitadora de vários aspectos do cotidiano, como é apresentado nos seguintes trechos:[...] Hoje em dia somos bastante dependentes dessa descoberta, fazendo com que as coisas pequenas do nosso dia a dia fiquem mais fáceis. [...] impactos tecnológicos fortes pois com essa “pequena” primeira descoberta que hoje tudo é movido por energia elétrica. (Falas discentes).

Na sua opinião, este modelo de aula foi mais eficaz para seu entendimento sobre a matéria? Aponte os pontos negativos e positivos. O objetivo desta pergunta era ter o *feedback* dos alunos sobre a abordagem aplicada e saber quais foram os pontos fortes e

fracos na opinião deles para o entendimento da matéria. Os pontos fortes foram história (29%), os experimentos (34%) e o dinamismo (37%).

De acordo com os alunos, a metodologia aplicada foi facilitadora do aprendizado. A maioria apontou o dinamismo como o ponto mais forte da aula, que prendeu a atenção dos alunos durante toda explicação. De forma similar, os alunos gostaram muito da abordagem com experimentos e do desenvolvimento da parte histórica, alegando que estes recursos tornam a aula mais interessante e outra forma de abordar a matéria, como pode ser visto nos relatos obtidos dos alunos:[...] a aula é mais dinâmica e menos cansativa. As demonstrações e a história dos experimentos e dos cientistas enriquecem muito a aula. [...] com a aula mais dinâmica e com passagem de fatos históricos e experimentos fazem com que a gente preste mais atenção. (Falas discentes).

De uma maneira geral, a maioria dos alunos alegou que não havia pontos negativos com relação à metodologia aplicada. Porém tivemos alguns pontos negativos sendo ressaltados, como por exemplo, a falta de tempo para cópia dos conceitos (3 relatos), a velocidade da aula (2 relatos) e que alguns conceitos ficaram ainda abstratos (2 relatos).

3.5. Avaliação

O método de avaliação escolhido para se aplicado foi da construção de mapas mentais. Estes consistem em um método de armazenar, organizar e priorizar informações, usando palavras-chave e imagens-chave, que estimulam reflexões e ideias (BUZAN, 2009). Este é constituído, resumidamente, de uma palavra central (qualquer tópico abordado durante a aula), se expandindo para fora através de setas ou linhas. A utilização de várias cores também auxilia no estímulo dos neurônios para armazenarem as informações. Estes conceitos foram passados para os alunos, pedindo a eles que construíssem individualmente os mapas mentais, com uso mínimo de 2 cores, utilização de palavras chaves com tema central sendo eletricidade e eletromagnetismo, que só utilizassem assuntos abordados durante a aula e que o recurso de desenho seria escolha do aluno. Os resultados obtidos mostraram que os alunos conseguiram correlacionar os conceitos passados em sala de uma maneira eficaz.

A Figura 1 mostra dois exemplos de mapas confeccionados pelos alunos. No mapa mental da esquerda não há nenhum tipo de erro conceitual, está bem estruturado, usa cores, poucas palavras e boa organização. O aluno estabeleceu a construção de seu mapa mental com os cientistas e suas descobertas, além de citar momentos históricos. Já o da direita, por mais que contenha erros na passagem da linha histórica, como por exemplo na omissão de Alessandro Volta antes de Michael Faraday, este aluno conseguiu estabelecer correlações corretas entre os conceitos e os cientistas.

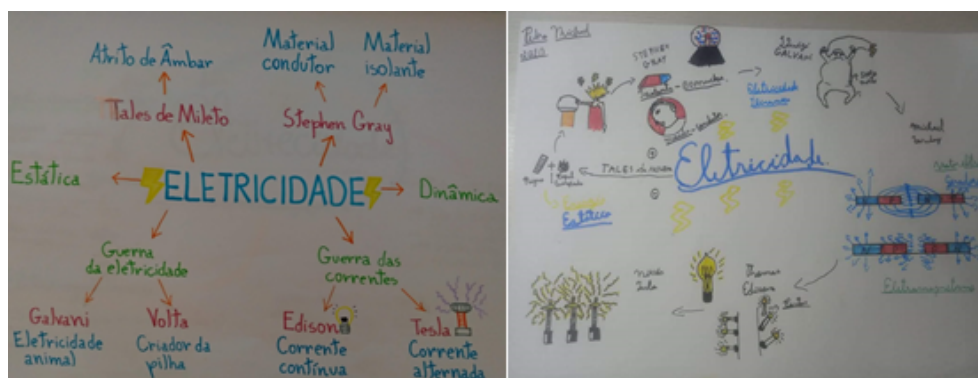


Figura 1. Mapa mental com tema central energia estática.

4. Conclusões

A primeira informação que podemos obter deste trabalho é que a correlação entre fatos históricos ajudou os alunos a se situarem em relação à evolução dos estudos sobre a eletricidade e o eletromagnetismo. A apresentação das características dos cientistas, ajudam o aluno a desmistificar que os pesquisadores e essas descobertas são algo completamente inalcançável para ele. A utilização de experimentos com participação da turma mostrou ser um ótimo estímulo para a absorção dos conhecimentos e da curiosidade dos alunos sobre o assunto, querendo aprender mais sobre o mesmo. O bom desempenho dos alunos na confecção dos mapas mentais de uma maneira geral, demonstra que a metodologia facilitou a absorção do conteúdo passado. O questionário investigativo apresentou que, por mais que o conceito de eletricidade seja algo presente no nosso cotidiano, este ainda é algo abstrato para os alunos conseguirem definir. Além de recolher excelentes opiniões sobre a metodologia aplicada, sendo dita como didática, dinâmica, interessante e estimulando o aprendizado sobre o assunto.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. São Paulo, 1996.

BUZAN, T. **Mapas Mentais: Métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Editora Sextante, 2009.

CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química. **Química Nova na Escola** n. 1, p. 20 1995.

DOS SANTOS, S. R. L.; DA SILVA, F. L. A.; MELO, L; G. G.; SANTANA, D. O. História da eletricidade e suas aplicações atendendo ao ensino de física. **Anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, 2016.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, p. 224, ago. 2004.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n.3, p. 198, 2009.

OKI, M. DA C. M., MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: Contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

TONIDANDEL, D. A.; DE ARAÚJO, A. E. A.; BOAVENTURA, W. C. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. e4602, 2018.

TORT, A.C. Dois problemas práticos de Eletricidade Vitoriana e sua discussão no ensino secundário e universitário. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, 2304, 2009.