DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p653

HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O USO DA INSTRUMENTAÇÃO: CONSTRUÇÃO DE UM TRANSMISSOR DE VOZ COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO[+*]

Enoque Rinaldi
Colégio Granbery
Juiz de Fora – MG
Andreia Guerra
CEFET
Rio de Janeiro – RJ

Resumo

O presente trabalho apresenta e avalia um projeto pedagógico que visa responder à seguinte questão: o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para discutir o processo de construção da ciência e, assim, diminuir o distanciamento entre o ensino de Física e a tecnologia? O projeto foi desenvolvido ao longo de dez encontros com alunos do primeiro e segundo anos do Ensino Médio, numa escola que possui, em sua grade curricular, um espaço destinado à Oficina de Iniciação Científica. Nos encontros, os alunos desenvolveram atividades experimentais, discutiram textos narrativos sobre o desenvolvimento do eletromagnetismo e construíram um transmissor de ondas eletromagnéticas rudimentar, baseado no Arco de Poulsen. Os resultados indicam que o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para trazer às aulas de Física discussões em

[+] History of Science and the experimentation: the construction of a voice transmitter like education strategy

[*] *Recebido: maio de 2011.*
Aceito: setembro de 2011.

torno do processo de construção da Ciência e da Tecnologia e, assim, diminuir o distanciamento entre o ensino de Física e a tecnologia.

Palavras-chave: *História e Filosofia da Ciência. Experimentos históricos. Ensino de Física.*

Abstract

This paper discusses and evaluates a pedagogical project that aims to answer the question: can discussion of historical experiments be a way to bring the discussion of the process of building Science to Physics class and with that bridge the gap between Physics education and technology? The project was developed during the ten meetings in a school which students have in their schedule a space to study themes that are out of syllabus. During the meetings the students developed experimental activities, discussed texts about the development of electromagnetism and built a voice transmitter. The results allow us to conclude that the historical approach is an effective way to bring for Physics classes discussions about Science and technology and bridge the gap between Physics education and technology.

Keywords: *History and Philosophy of Science. Historical experiments. Physics Education.*

I. Introdução

O distanciamento entre o usuário e a tecnologia é cada vez maior. Utilizam-se os produtos tecnológicos sem conhecer completamente as vantagens e os riscos do aparato consumido. Isso faz com que se criem mitos em torno das possibilidades de melhoria da qualidade de vida, a partir do uso de certas tecnologias, além de levar ao uso indiscriminado delas. Essas constatações nos colocaram diante da questão: como o ensino de Física pode ser um canal para diminuir o distanciamento entre Tecnologia e usuário?

Na busca por respostas, um dos caminhos que se mostrou importante foi trabalhar a Física através de uma abordagem histórico-filosófica em que o aluno fosse capacitado a perceber como a Ciência e a Tecnologia se construíram ao longo

da História, os diálogos que tiveram com outras áreas do conhecimento e, por fim, os limites e as possibilidades destes conhecimentos. Nesse sentido, essa abordagem permitiria discutir com os alunos que os conhecimentos científicos e tecnológicos não foram construídos por gênios especiais desligados do mundo, que não se constituem em conhecimentos repletos de verdades inquestionáveis, mas que isso não faz com que a produção científica, por exemplo, não tenha validade e não traga respostas a muitos problemas com os quais o homem se defrontou ao longo de sua existência (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004; MATTHEWS, 1995; McCOMMAS, 1998; McCOMMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998; SEROGLOU; KOUMARAS, 2001; MATTHEWS, 2009).

Outro caminho que se mostrou pertinente foi o desenvolvimento de atividades experimentais. A literatura da área de Ensino de Ciências mostra que o uso da instrumentação no Ensino de Ciências é uma ferramenta importante para o aprendizado. No espaço do laboratório, o aluno se defronta com verdadeiros problemas, assim, ele pensa, reflete e analisa as teorias científicas à luz de questões concretas. Fora isso, as atividades experimentais criam em sala de aula um espaço lúdico, capaz de motivar os alunos ao estudo das ciências (ARAÚJO; ABID, 2003; ARAÚJO; ANJOS, 2006; BORGES, 2002; FILHO et al., 2003; GONÇALVES; MOREIRA, 1980; SERE, COELHO; NUNES, 2003; TRUMPER, 2003).

Essas considerações nos fizeram buscar responder à questão inicial a partir da conciliação de uma abordagem histórico-filosófica para o Ensino de Ciências, com a criação no ambiente escolar de espaços capazes de trazer a instrumentação para a sala de aula. Nesse processo, a questão inicial ganhou novos contornos: o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para discutir o processo de construção da Ciência e da Tecnologia e, assim, para diminuir o distanciamento entre o ensino de Física e a Tecnologia?

Para responder a essa questão, foi desenvolvido e avaliado um projeto pedagógico, cujo objetivo foi trabalhar um tema do conteúdo do Ensino Médio que pudesse contribuir para a aproximação entre o usuário e a tecnologia, a partir de uma abordagem histórico-filosófica. O tema escolhido foi ondas eletromagnéticas. A escolha do tema se deu por algumas razões. A primeira se refere ao fato de este ser o princípio básico para o desenvolvimento da tecnologia de informação moderna. Outro motivo está relacionado à ausência desse tema do currículo da escola em que o projeto foi desenvolvido.

O projeto foi estruturado de forma a privilegiar a manipulação por parte dos alunos de experimentos históricos simples que possibilitassem a compreensão do tema e de como as teorias que lhe dão suporte foram construídas. O trabalho

experimental proposto culminou na construção, por parte dos alunos, de um transmissor de ondas eletromagnéticas rudimentar, baseado no Arco de Poulsen.

Hertz (1857-1894), em 1887, havia realizado uma série de experimentos com o propósito de analisar a proposta de James Clerck Maxwell (1831-1879) a respeito das interações elétricas e magnéticas. Para tal, ele construiu um centelhador elétrico capaz de captar ondas eletromagnéticas em um arco, o denominado Arco de Hertz. (HENRY, 1986). O sucesso do experimento fez com que vários técnicos e engenheiros procurassem transmitir a voz humana através de um arco similar ao de Hertz. O engenheiro dinamarquês Valdemar Poulsen (1869-1942) conseguiu, em 1890, através do denominado Arco de Poulsen, um transmissor de ondas eletromagnéticas contínuas e de alta frequência, modular e transmitir a voz humana (Nobre, 1927).

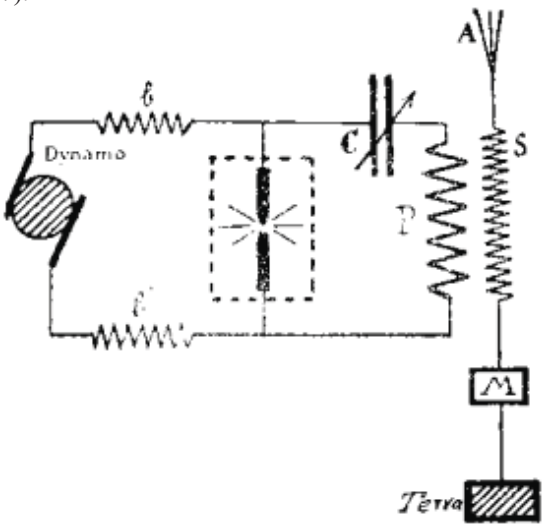

Fig. 1- Esquema do Arco de Poulsen, retirado do livro Tratado de Física Elementar, de Francisco R. Nobre, 1927, p. 729.

II. Metodologia do Projeto

O projeto foi desenvolvido numa escola da rede particular de ensino do município de Juiz de Fora, que tem na grade curricular um espaço destinado à Oficina de Iniciação Científica. Obrigatoriamente, os alunos da primeira e da segunda séries do Ensino Médio escolhem uma oficina por ano para participarem. O objetivo dessas oficinas é que os alunos, em pequenos grupos e sob a orientação de um professor, desenvolvam, no período de maio a agosto (excluindo o mês de

julho), o estudo de um tema não presente nas ementas das disciplinas escolares ou aprofundem um dos temas já trabalhados em sala de aula. Ao final do ano letivo, num dia previamente marcado pela escola, os grupos apresentam o resultado do estudo desenvolvido nas Oficinas para uma banca composta de três professores, não necessariamente docentes da escola.

Optou-se por aplicar o projeto aqui apresentado no espaço das Oficinas de Iniciação Científica para que a proposta fosse desenvolvida e avaliada com os alunos, sem que houvesse uma interferência no programa de Física da unidade escolar em que o trabalho foi avaliado. A interferência neste programa pressupunha a anuência dos outros professores da equipe e, também, da direção da escola, que se mostravam avessos ao trabalho. Essa aversão advinha do fato de que a escola tem seu sucesso balizado no número de alunos que ingressam nas Universidades púbicas do Estado de Minas Gerais, e, assim, as aulas regulares são reconhecidas como espaços exclusivos de preparação para o ingresso nas Universidades.

A escola em que o projeto foi desenvolvido constava com 123 alunos matriculados na primeira série e 85 na segunda série do Ensino Médio. Esses alunos precisavam escolher e participar de uma oficina dentre as 40 oferecidas. Cada uma delas tinha um tema diferente e um professor orientador específico. Os alunos tiveram contato com as propostas das oficinas através de um encontro entre cada turma e os professores orientadores. Apenas após o encontro com todos os professores orientadores, os alunos fizeram sua escolha. Por regras da escola, não podia existir dois grupos numa mesma série trabalhando sob o mesmo tema e todos os grupos precisavam ser formados por alunos de uma mesma série. Cada grupo deveria ter, no mínimo, dois e, no máximo, cinco alunos. Para o projeto aqui avaliado, constituiram-se dois grupos, um de primeira série, com quatro alunos (três meninos e uma menina), e outro de segunda série, com três alunos (duas meninas e um menino). Esses dois grupos formaram um grupo maior de sete alunos, que mantiveram encontros semanais com o orientador por três meses.

O fato de o trabalho ter sido desenvolvido com um pequeno grupo nos fez optar por uma pesquisa qualitativa (LUDGE e ANDRÉ, 1986). Como um dos pesquisadores era o professor orientador, parte da avaliação foi realizada a partir de um diário construído em torno da impressão do professor quanto ao desenvolvimento da proposta. Os dados obtidos através do diário foram complementados com filmagens e gravações de áudio realizadas durante todos os encontros. Isso permitiu confrontar as falas dos alunos anotadas pelo professor/pesquisador com aquelas registradas por meio digital. O confronto entre dados do diário e das filmagens ocorria quinzenalmente entre toda a equipe que desenvolveu o projeto.

Foram realizados dez encontros com o grupo. O primeiro teve por propósito levantar informações a respeito do interesse e do conhecimento dos alunos participantes da oficina em torno do tema proposto para estudo. Assim, realizou-se uma entrevista semiestruturada (FLICK, 2009) em que o orientador lançou perguntas aos alunos para que eles respondessem no coletivo. Os alunos foram dispostos num semicírculo para que debatessem as questões a eles apresentadas junto com o professor. As questões visavam compreender o que os alunos sabiam sobre o tema e qual o seu interesse em aprofundar o estudo sobre eletromagnetismo.

III. Análise dos resultados obtidos no projeto

Os resultados da entrevista semiestruturada realizada no primeiro encontro foram usados para avaliar e reorganizar o planejamento prévio do projeto.

O confronto das anotações do diário do orientador com as análises da filmagem da entrevista mostrou que aqueles alunos possuíam poucas informações sobre o tema, mas um grande interesse no assunto. Na verdade, durante a entrevista, eles apresentaram várias perguntas ao orientador a respeito do celular e da *internet*. Por exemplo, o aluno A, da primeira série, perguntou: "É verdade que o celular causa câncer"? O aluno B, da mesma série: "Professor, não podemos deixar as operadoras de celular instalar antenas de transmissão próxima a nossas casas, pois teremos interferência em nossos computadores, certo"? O aluno C, da segunda série: "Professor, como o celular transmite voz"? O aluno B, da segunda série, perguntou: "Como a voz e a imagem andam sobre as ondas? Nós vamos entender como funcionam estes aparelhos (rádio, celular, TV)"?

O primeiro encontro foi bastante tumultuado. O professor, neste momento, não apresentou respostas aos questionamentos dos alunos. Analisando o material de pesquisa, percebeu-se que todos os alunos queriam falar, emitir opiniões sobre o assunto. Era como se quisessem mostrar ao orientador que, pela primeira vez, ministrava uma Oficina de Iniciação Científica, que aquele espaço não era para estudarem, mas simplesmente para explicitarem suas opiniões sobre o tema. Nas poucas vezes em que o professor procurou direcionar o debate, trazendo alguma questão para que os alunos refletissem e aprofundassem, foi interrompido incessantemente. Sempre novas perguntas eram lançadas pelos alunos, sendo que muitas destas novas questões eram desconectadas com o assunto tratado no momento. Esse primeiro encontro fez com que se repensasse a dinâmica dos seguintes, de forma a mostrar aos alunos que, mesmo sem ter uma avaliação formal do tipo *prova*, o espaço das Oficinas era destinado ao estudo e ao aprofundamento de um tema, no caso em questão, ondas eletromagnéticas.

A partir da avaliação do primeiro encontro, decidiu-se realizar uma apresentação mais formal, para trabalhar o viés histórico. O recorte escolhido foi o desenvolvimento do eletromagnetismo. Devido ao fato de os alunos não terem estudado nada de eletricidade, magnetismo ou eletromagnetismo nas aulas de Física, optou-se por adotar um livro paradidático (GUERRA; BRAGA; REIS, 2004). A leitura do paradidático vem ao encontro de pesquisas na área que defendem ser a leitura de textos nas aulas de Física, com estrutura diferente das apresentadas nos livros didáticos, um caminho importante não só para despertar interesse nos alunos, como para fazê-los refletir sobre determinado assunto. (SILVA, 1997, SILVA; ALMEIDA, 1998, BENJAMIN e TEIXEIRA, 2001).

O texto de apoio didático indicado aos alunos é editado por uma editora comercial, o que facilitou a aquisição do mesmo por todos os alunos. O texto discute a história do eletromagnetismo, partindo dos primeiros estudos de eletricidade realizados por Gilbert na virada do século XVI para o XVII. O paradidático adotado apresenta particularidades que foram importantes no desenvolvimento do projeto. Primeiro, ele se propõe a apresentar o desenvolvimento histórico-filosófico do eletromagnetismo, ultrapassando a enumeração de datas e fatos históricos. O texto discute o processo de construção do conhecimento científico dentro do contexto sócio-cultural de sua elaboração. Há, assim, uma abordagem interdisciplinar na obra. Apesar desse caráter, a leitura do paradidático foi considerada como uma introdução às discussões histórico-filosóficas conduzidas pelo professor. Essa opção ocorreu em função de que a compreensão de um texto por um grupo de alunos não é idêntica. Há diferenças que decorrem da interação entre o aluno e o texto, interação essa que, além de não ser hegemônica entre os alunos, pode ter diferentes nuances num mesmo aluno, decorrente do momento em que o mesmo procede a leitura do texto. Assim, o professor, a partir dessas considerações, realizou as discussões histórico-filosóficas pretendidas com base nas diferentes interpretações do paradidático trazidas pelos alunos. (SILVA; ALMEIDA, 1998)

Entre o primeiro encontro, em que a entrevista semi-estruturada foi realizada, e o segundo encontro foi sugerido aos alunos a leitura do primeiro capítulo do paradidático adotado. No primeiro capítulo do paradidático, há sugestões de experiências simples sobre eletrização, a partir da construção e da manipulação de um *versorium* rudimentar, que é um protótipo de um eletroscópio. Considerando o paradidático como referência, o professor reproduziu essas experiências com os alunos para explicar os três processos de eletrização. Em seguida, o professor discutiu o contexto em que Gilbert trabalhou, de forma a ressaltar não apenas as questões socioculturais, mas o que se conhecia sobre eletricidade e magnetismo na época. Utilizando imagens da Europa do século XVI e XVII, o professor discutiu

que, naquele ambiente, experimentos científicos estavam sendo cada vez mais valorizados e novos artefatos técnicos, como o microscópio, a luneta e a bomba de vácuo, construídos. Novos experimentos e artefatos técnicos traziam novidades para a ciência e para o cotidiano das pessoas que ali viviam. (GUIMARÃES, 2000; HEILBRON, 1999).

Os alunos participaram bastante da discussão histórica. Em um primeiro momento, interessaram-se pela vida pessoal dos personagens apresentados. Queriam saber se eles haviam "passado toda a vida estudando", "se tinham algum hobby", "se tinham família e amigos". Enfim, queriam saber se aqueles cientistas eram pessoas comuns. O orientador respondeu às dúvidas dos alunos, salientando que os cientistas eram pessoas comuns, que viviam numa cultura específica e muito do que pensavam e faziam estava relacionado ao ambiente cultural em que viviam. Ele, ainda, usou exemplos da biografia de Gilbert para reforçar sua tese. Após essa discussão, foi solicitado aos alunos que relessem o primeiro capítulo do livro paradidático selecionado. Foi proposta a releitura para que os alunos pudessem rever parte dos assuntos tratados no segundo encontro, como os trabalhos de Gilbert e o impacto desses trabalhos. Fora isso, o capítulo explorava o desenvolvimento da eletricidade após Gilbert, destacando a construção da garrafa de Leyden e o trabalho de Coulomb com a balança de torção como um trabalho imerso em questões filosóficas como aquelas inerentes ao mecanicismo (HEILBRON, 1999; GUERRA; BRAGA; REIS, 2004b).

É importante ressaltar que, ao final do segundo encontro, o orientador lançou algumas das perguntas projetadas para o primeiro encontro, com o objetivo de compreender melhor o que eles conheciam do tema a ser estudado na oficina, visto que a dinâmica do primeiro encontro não possibilitou a construção apurada dessas impressões.

Sobre as perguntas: Você tem ideia de como funciona o telefone celular? Como se transmite o som produzido por sua voz? Três alunos responderam que o celular funciona através de ondas eletromagnéticas, mas que não sabiam como era transmitido o som. Dois outros alunos acrescentaram que o som era transmitido no celular pela vibração de partículas de ar, sem ar o celular não funcionava. Dois alunos ficaram calados e, quando questionados pelo professor, declararam não saber responder às questões.

Em relação à pergunta "Você acha que o celular tem relação com o rádio, com a TV e com a *internet*?", quatro alunos afirmaram que havia uma relação, mas que não conseguiram dizer qual seria a relação. Dois afirmaram que só havia relação entre *internet* e celular, mas que estes não tinham qualquer relação com o rádio

e a TV. Um aluno se recusou a responder à questão, o mesmo que não respondera à primeira pergunta.

Quando os alunos foram questionados se era importante conhecer como funcionavam aqueles artefatos tecnológicos, quatro se limitaram a dizer que eles tinham muita curiosidade sobre o assunto, e que era isso que os motivava a participar da Oficina. Apesar da motivação, eles afirmaram que não achavam ser essencial conhecer aquele funcionamento, pois não lhes seria útil. Os outros três que responderam afirmativamente, deixaram bem claro que julgavam aquele conhecimento útil porque desejavam cursar engenharia na graduação. Esse momento foi utilizado pelo professor para propor a construção de um transmissor de ondas eletromagnéticas. Os alunos ficaram novamente entusiasmados com a possibilidade de construção de tal artefato. Eles haviam esquecido que, na apresentação da proposta da Oficina, o professor afirmara que um dos objetivos era construir um transmissor de voz.

Esse encontro permitiu verificar que os alunos tinham interesse em participar da Oficina, mesmo os que não desejavam cursar engenharia após a conclusão do Ensino Médio. A proposta de construção de um aparato tecnológico, como o transmissor de ondas eletromagnéticas, também os encantava. Apesar disso, alguns alunos se mostraram céticos quanto à possibilidade de se construir, na escola, algo que funcionasse. Para eles, a escola era um local de experiências simples. Um transmissor de voz era algo muito sofisticado para ser montado naquele ambiente. O confronto das anotações do professor com os registros em áudio das falas dos alunos indica que, para aqueles alunos, o conhecimento adquirido na escola estava muito distante do mundo tecnológico que os rodeava.

A retomada da discussão histórica no encontro seguinte ocorreu a partir da apresentação e da demonstração de equipamentos históricos que havia no laboratório da escola em que o projeto foi desenvolvido. Apresentou-se aos alunos a máquina eletrostática de Wimshurt, discutindo com eles o funcionamento da mesma (QUEIROZ, 1999). Teve-se o cuidado, nesse momento, de trabalhar os conceitos físicos necessários à compreensão do funcionamento da máquina. Foi-lhes apresentada, também, uma réplica da pilha de Volta. Os alunos se envolveram muito nessa atividade. Após a explicação da pilha de Volta, o aluno C perguntou: "O que Volta ligava com sua pilha?" O aluno F lamentou, dizendo "Pena que não está funcionado." O aluno A sugeriu: "Vamos ligar um rádio com essa pilha?"

Fig. 2 - Foto dos equipamentos históricos disponíveis no laboratório da escola.

O professor aproveitou esse momento para apresentar a história em torno da construção da pilha por Alessandro Volta. Destacou, então, a controvérsia Galvani x Volta em torno da existência da eletricidade animal (MORUS, 1998). Após a discussão e o manuseio dos equipamentos pelos alunos, foi-lhes pedido que construíssem uma garrafa de Leyden rudimentar (LEON, 1983; GUERRA; BRAGA; REIS, 2004). A confecção e a discussão da garrafa de Leyden serviram para apresentar aos alunos o princípio básico de funcionamento de um capacitor (dispositivo que eles usariam na confecção do Arco de Poulsen).

Tanto o manuseio dos equipamentos históricos, quanto a construção da garrafa de Leyden suscitou interesse por parte de todo o grupo. Os alunos tiveram muita dificuldade em construir a Garrafa de Leyden rudimentar. Quatro alunos (uma menina e três meninos) nunca haviam manuseado um martelo e não tinham a menor ideia de como procederiam para produzir um orifício pequeno numa tampa de plástico. Não sabiam que precisavam produzir um orifício na tampa de diâmetro menor do que a do prego que introduziriam na mesma. Para construirem a Garrafa de Leyden rudimentar, os alunos seguiram o roteiro contido no paradidático adotado. O professor acompanhou a montagem de cada uma das garrafas de forma a auxiliar os alunos a resolverem os problemas operacionais que encontravam duran-

te a confecção do aparato. Apesar das dificuldades iniciais, todos os alunos construíram a Garrafa de Leyden rudimentar.

Fig. 3- Réplica da pilha de Volta disponível na escola.

Fora a dificuldade de manuseio das peças envolvidas na construção do projeto da Garrafa de Leyden, os alunos duvidavam da possibilidade de funcionamento do aparato com os materiais de sucata usados. O aluno F, antes mesmo de construir a garrafa, questionou ao professor: "Será que vai funcionar? Se funcionar, é a primeira vez que faço uma experiência que dá certo." Num primeiro momento, apenas três delas funcionaram. As que não funcionaram foram inspecionadas por todos os alunos e, também, pelo orientador. Ajustes foram feitos para que elas funcionassem. Enquanto aperfeiçoavam as garrafas, o aluno E perguntou: "Se

carregar mais a garrafa, a lâmpada de neon fica mais tempo acesa, ou seu brilho é mais intenso?" O orientador, em vez de responder, pediu para que o aluno fizesse o experimento proposto, o que permitiu ao aluno verificar que seu brilho foi mais intenso. O aluno G, que foi ajudar esse primeiro, questionou: "Vamos construir uma grandona, vai iluminar muito". O orientador encerrou o encontro fechando a discussão sobre o funcionamento da Garrafa de Leyden, pedindo aos alunos que lessem mais três capítulos do paradidático selecionado. Um dos capítulos tratava da Filosofia Natural Romântica (Naturphilosophie) e seu contraponto à visão mecanicista de natureza; o outro apresentava Oersted e o experimento da agulha imantada e o último o impacto causado pelo experimento de Oersted na comunidade científica da época. Na parte referente ao experimento de Oersted, discutiu-se que esse cientista, por defender os princípios da Naturphilosohie, realizou uma gama de trabalhos com o intuito de encontrar uma relação experimental entre magnetismo e eletricidade. Essa sua busca levou a diferentes experimentos anteriores ao da agulha imantada, o que evidencia que aquele não foi um experimento casual (BRAGA; GUERRA; REIS, 2010).

Sempre que uma leitura era recomendada, o orientador iniciava o encontro seguinte discutindo o conteúdo da mesma. Num primeiro momento, verificou-se que poucos alunos haviam lido o paradidático, apesar de todos o terem adquirido. Conforme as aulas históricas foram sendo encaminhadas e as discussões do paradidático travadas, os alunos se envolveram mais com a leitura do texto. Isso permitiu que o orientador retomasse a discussão histórica a partir dos comentários dos alunos a respeito do paradidático. Essa discussão serviu para que o professor retomasse a discussão histórica e avançasse na mesma de forma a discutir o trabalho de Faraday de indução eletromagnética. Após a discussão histórica, os alunos realizaram um experimento para evidenciar fenômenos de indução eletromagnética. O orientador apresentou-lhes uma lanterna de indução e a desmontou com os alunos.

No início do quinto encontro, foram desmontados um celular e um rádio portátil (construído na década de oitenta). O objetivo dessa atividade era comparar o interior desses dois dispositivos, de forma a mostrar aos alunos que os componentes eletrônicos eram mais "visíveis" na placa de rádio do que na do celular. Os alunos participaram muito da atividade e se mostraram interessados em comparar as diferenças entre os dois aparatos. O aluno G, ficando intrigado pelo fato de não conseguir encontrar os dispositivos do rádio no celular, indagou ao orientador: "Se os dois equipamentos servem para transmitir voz, porque não têm os mesmos componentes?"

O orientador explorou essa dúvida, fazendo uma explanação da transformação que a eletrônica sofreu ao longo das cinco últimas décadas. O encontro teve

prosseguimento com a apresentação de Maxwell e Hertz e do trabalho em eletromagnetismo que esses dois cientistas desenvolveram. Dessa forma, enfatizou-se que Maxwell retomou o trabalho de Faraday e o matematizou de forma a explorar as conclusões de Faraday a partir dos conceitos de campo elétrico e magnético. Ressaltou-se, ainda, os experimentos de Hertz e as motivações desse cientista para construir aquele trabalho (WILLIAMS, 1980).

O término do encontro culminou com os alunos manuseando os equipamentos disponíveis. Eles fizeram ligações no celular com o recurso de viva voz ligado, ligaram o rádio desmontado e o sintonizaram na frequência de uma estação de transmissão. Durante esse processo, discutiram-se semelhanças entre um transmissor de rádio e um telefone celular. O aluno B questionou ao professor: "Se são semelhantes, porque um não interfere no outro?" O aluno D acrescentou: "Por isso que podemos escutar as estações de rádio no celular?"

Após responder às perguntas dos alunos, o orientador retomou o conceito de ondas eletromagnéticas, que havia sido discutido durante a apresentação dos trabalhos de Maxwell e Hertz. Nesse momento, o conceito de ondas eletromagnéticas foi trabalhado à luz da atividade do rádio portátil e do celular, apresentando aos alunos as frequências e os comprimentos de onda que cada um dos equipamentos filtrava e explicando o funcionamento básico desses dois equipamentos.

Os trabalhos registrados até esse momento mostraram que os alunos estavam entusiasmados com os novos conceitos apreendidos e com a dinâmica das oficinas. Mas era preciso que o orientador mantivesse contato com os alunos entre dois encontros sucessivos, para que pudessem lembrar-se das leituras a serem feitas e dos materiais solicitados pelo orientador. Do grupo, apenas dois alunos, o aluno B e F, não desejavam seguir os estudos em Ciências Exatas.

O aluno F declarou, ao final do encontro em que a atividade do celular/rádio portátil foi realizada, que "Todas as aulas deveriam ser desta forma." e o aluno A acrescentou "Também gosto dessas aulas. No próximo encontro, vamos construir o quê?". Aproveitou-se o entusiasmo dos alunos para propor-lhes, que na semana seguinte, apresentassem quais eram os equipamentos no final do século XIX e na primeira década do século XX que utilizavam por princípio de funcionamento as ondas eletromagnéticas. Dois alunos se disponibilizaram a apresentar ao grupo o que fora pedido pelo professor. O professor sugeriu aos alunos que fizessem um comparativo entre aquela época e a atual.

A apresentação dos voluntários foi muito interessante. Eles mostraram imagens que ilustravam a primeira transmissão radiofônica, os primeiros telégrafos de fio e sem fio, a primeira imagem transmitida por ondas eletromagnéticas e, para

o momento atual, as novidades de transmissão de informações, destacando celulares, GPS, imagens digitais.

O término da apresentação dos alunos foi o momento escolhido para o professor discutir os procedimentos a serem seguidos pelo grupo para a confecção do transmissor de ondas eletromagnéticas. Foi dito aos alunos que eles contariam com a ajuda de um professor de eletrônica do SENAI de Juiz de Fora. Esse professor teve um encontro com os alunos para fornecer-lhes algumas informações básicas de eletrônica, capazes de ajudar-lhes na confecção do aparato. Essa aula, dada nas dependências do SENAI, não fez parte dos encontros pré-estabelecidos. O professor do SENAI marcou um horário especial para os alunos, que compareceram sem exceção. Durante a aula, os alunos fizeram muitas perguntas e o professor as respondeu. Nesse encontro, o professor do SENAI apresentou um transmissor de voz que havia montado num *protoboard* (matriz de contatos: uma placa contendo milhares de furos e conexões condutoras utilizada para montagem de circuitos elétricos). Após discutir o desenho do esquema do circuito com os alunos, o professor permitiu que eles o manipulassem.

É importante destacar que os alunos expressavam o tempo todo dúvidas em relação à capacidade do grupo em construir um transmissor de ondas eletromagnéticas que funcionasse. Apesar das discussões realizadas e do sucesso da Garrafa de Leyden, continuavam céticos quanto à possibilidade de eles construírem tal transmissor.

Após a aula no SENAI, o professor iniciou a discussão com os alunos do desenho do esquema do circuito que montariam para transmitir voz humana. O professor do SENAI apresentou sumariamente cada um dos componentes do circuito, explicando o princípio básico de seu funcionamento, ou seja, o papel de cada um daqueles componentes no circuito. A partir desse momento, o grupo partiu para a confecção do aparato. Dois transmissores foram confeccionados, um pelo grupo da primeira série e outro pelo da segunda série. Durante a confecção do transmissor, as perguntas apresentadas pelos alunos eram muito voltadas aos problemas concretos que estavam enfrentando na montagem do transmissor. O professor procurou responder pouco aos alunos, de forma a incentivá-los a discutirem seus problemas com os outros componentes do grupo. Os alunos se envolveram muito na solução de seus problemas, o que indica que o aprendizado se torna menos contemplativo quando o aluno necessita de conceitos de ciências para resolver um problema de seu interesse. Outra questão a ser destacada é que, à medida que os alunos se sentiam mais seguros e confiantes com o tema estudado, eles se tornavam mais organizados e independentes do orientador na execução das tarefas propostas.

O oitavo e nono encontros ocorreram no SENAI. Essa escolha se deveu ao fato de o professor do SENAI ter se disponibilizado a verificar os transmissores dos alunos e a selecionar uma frequência adequada para transmissão.

O oscilador utilizado para construir o transmissor experimental de voz foi o oscilador Hartley, mostrado na Fig. 1. Esse é um tipo de oscilador formado, basicamente, por um amplificador que, no caso, foi um transistor Q1 (BC548A) em configuração emissor comum, realimentado por um circuito ressonante (L1 e C3) no qual o indutor possui uma derivação central. C_1, e C_3 indicados no esquema são capacitores de 10 nF e C_2 um capacitor de 100 nF. O elemento R_1 indicado no esquema é um resistor de 47 KΩ

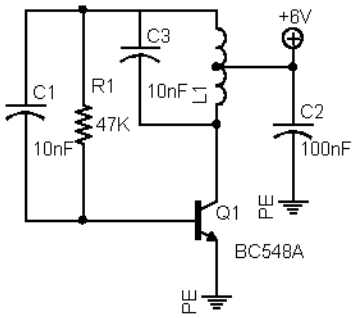

Fig. 4 - Esquema oscilador Hartley a transistor.

O funcionamento do oscilador ocorre da seguinte forma: ao ligarmos o circuito, o resistor polariza a base (Q1) do transistor e leva o transistor próximo à saturação (IC máximo), havendo, então, sua condução. Uma corrente intensa circula entre o coletor e a fonte de alimentação (+ 6V), ligados pela bobina L1. O resultado é que esta corrente em L1 induz na outra metade da mesma bobina uma corrente que é aplicada novamente à base do transistor através do capacitor C1. Nesse momento, o ganho (A) do transistor torna-se igual a 1 e as oscilações estabilizam sua amplitude.

Os dois últimos encontros no SENAI serviram para fazer ajustes nos transmissores dos alunos. Por falta de habilidade manual dos alunos, alguns componentes não foram bem colocados e algumas ligações foram realizadas de forma inadequada. O professor do SENAI e o professor da turma discutiram com os alunos os problemas técnicos dos transmissores e providenciaram com estes a solução dos mesmos.

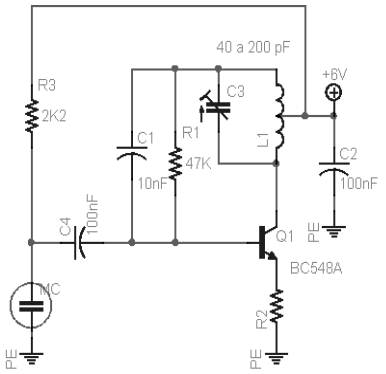

Fig. 5 - Transmissor experimental.

Após testes e ajustes, foi mostrada aos alunos, através de um osciloscópio, a forma de onda gerada no circuito transmissor. Essa demonstração foi confrontada com as discussões realizadas nos encontros a respeito das ondas eletromagnéticas geradas por Hertz e outros. Foram, também, analisados os parâmetros amplitude, frequência e período do sinal gerado. Os alunos participaram muito da atividade, pois estavam muito entusiasmados com o fato de estarem transmitindo voz humana para um rádio AM distante deles, sem auxílio de fios. O fato de o circuito ter sido montado e analisado por eles causava espanto e alegria. O aluno C propôs um projeto de intercomunicadores sem fio entre as casas dos alunos da Oficina. O aluno F disse que usaria o transmissor para transmitir músicas do seu *MP3 player* para um rádio de sua casa, mas distante de seu quarto. A discussão em torno das utilizações dos transmissores e dos projetos possíveis foi muito intensa, fazendo com que o encontro tivesse uma duração muito maior que a prevista inicialmente, que era de uma hora e meia.

O último encontro teve início com os alunos colocando seus transmissores para funcionar. Todos funcionaram plenamente, ou seja, a voz transmitida era sintonizada por um rádio AM que se encontrava distante do transmissor. Em seguida, o professor comparou o transmissor que construíram com o Arco de Poulsen, destacando o contexto sócio-cultural em que Poulsen desenvolveu seu trabalho. Dessa forma, ressaltou-se que a Europa na segunda metade do século XIX presenciou uma mudança tecnológica intensa. Os trens a vapor, a máquina fotográfica, o telégrafo, o telefone e tantos outros aparatos tecnológicos construíram novas possibilidades de comunicação e transporte que alteraram significativamente o cotidiano das pessoas que ali viviam. Após a discussão, o professor pediu aos alu-

nos que explicassem o que estava ocorrendo em seus transmissores e como era possível transmitir voz. A explicação não precisava detalhar o circuito, mas o princípio geral de funcionamento do transmissor. Os alunos conseguiram mostrar conhecimento no que tange ao princípio de geração e transmissão de ondas eletromagnéticas. Assim, os alunos explicaram o que era necessário para gerar uma onda eletromagnética qualquer e, também, o que devia ser feito para gerar uma onda eletromagnética que contivesse uma informação a ser decodificada. Discutiram, ainda, o que deveria ser feito para transmitir tais ondas e captá-las a distância. Como a apresentação não foi formal, os alunos acabaram, em suas falas, avaliando o trabalho desenvolvido. Eles disseram que fora muito difícil ajustar a frequência do transmissor de modo a não coincidir com as rádios locais. Um aluno se questionou sobre esse fato, dizendo que, no futuro, não haveria espaço para novas rádios, nem novas operadoras de celular.

Na discussão, o aluno E afirmou que ainda estava muito surpreso com o bom desempenho do transmissor: "Achei que não ia funcionar, demorou muito para escutarmos nossa voz emitida pelo transmissor". Na discussão travada, o aluno F afirmou que ele ficara muito emocionado em ouvir sua voz no rádio, a partir do transmissor que construíra. Imaginava, então, como Poulsen teria ficado feliz e entusiasmado ao conseguir a mesma coisa no final do século XIX. O professor utilizou esse momento para discutir as primeiras transmissões de rádio e que aquele acontecimento se deveu a inúmeros cientistas, engenheiros e técnicos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para o advento da produção e transmissão de ondas eletromagnéticas. O professor aproveitou a oportunidade para retomar os trabalhos de Hertz e discutir com os alunos as questões técnicas, físicas e filosóficas por trás daquele trabalho. Ressaltou-se, então, o embate entre os defensores da ação a distância e da ação contígua (proposta pela ideia de campo) e como os experimentos de Hertz se inseriram nesse debate.

O término dos encontros não coincidiu com a finalização do trabalho. Os alunos realizaram uma apresentação de seu material para todo o colégio. No dia da apresentação, uma banca de três professores (um dos membros da banca foi o professor do SENAI, que auxiliara os alunos na confecção do transmissor de voz) julgou o trabalho de cada grupo e atribuiu uma nota ao grupo. Dessa forma, houve uma apresentação específica e formal para a referida banca.

O professor não participou da preparação das apresentações. Essa decisão foi tomada para que o recorte feito pelo grupo na apresentação servisse de material para coleta de dados para a pesquisa aqui relatada.

O grupo da primeira série iniciou a apresentação definindo onda mecânica, onda periódica e apresentando os fenômenos: interferência e ressonância. De-

pois de uma fala sucinta, mas bem elaborada sobre esses temas, o grupo fez uma apresentação histórica destacando Galvani e suas experiências com rãs, o trabalho de Volta e sua polêmica em torno da eletricidade animal. Nesse relato, deram destaque à Garrafa de Leyden, ressaltando que haviam construído uma que funcionara perfeitamente. Demonstraram, ainda, o experimento de Oersted. Fecharam o trabalho com um relato biográfico de Hertz e com a discussão de como se produz ondas eletromagnéticas.

O funcionamento do transmissor foi um ponto alto da apresentação. Após demonstrarem o funcionamento do aparato, eles descreveram como o produziram, destacando dificuldades do processo.

A apresentação do grupo pode ser considerada boa, pois, apesar de nervosos e apreensivos, demonstraram segurança. Fizeram toda apresentação sem recorrer a textos escritos. Entretanto, cabe destacar que, no relato histórico, cometeram alguns equívocos, como errar datas dos acontecimentos registrados. O erro das datas não implicou desordem temporal, ou seja, não trocaram a ordem dos acontecimentos que narraram.

Ao final da apresentação, um avaliador perguntou ao grupo como ocorre a ressonância de ondas mecânicas e eletromagnéticas e como seria possível observar tal ressonância no transmissor apresentado. Os alunos conseguiram descrever o fenômeno de ressonância com ondas mecânicas. Mas quando questionados sobre tal fenômeno com ondas eletromagnéticas, eles apresentaram dificuldades em descrevê-lo. Apesar disso, conseguiram explicar claramente como ocorria modulação da voz humana no transmissor.

O grupo de segunda série privilegiou uma apresentação histórico-filosófica. Os alunos não se detiveram nos aspectos técnicos do transmissor, nem na descrição dos conceitos físicos envolvidos no funcionamento do aparato. Optaram por discutir as mudanças sociais ocorridas com o advento da produção e transmissão de ondas eletromagnéticas. Esse grupo apresentou uma gravação da primeira transmissão oficial de rádio no Brasil, realizada em 22 de setembro de 1922. A partir disso, discutiram o impacto dessas transmissões na sociedade brasileira. Como os alunos do primeiro grupo, finalizaram a apresentação com o transmissor de voz. Diferente do primeiro grupo, o transmissor não funcionou na apresentação. O professor que fazia parte, junto com outros dois professores, do grupo de avaliação, percebeu que uma solda havia soltado e ocasionado a falha. O grupo ficou frustrado com o insucesso da transmissão naquele momento. Porém, os avaliadores não consideraram isso como falha na atribuição da nota ao grupo.

Um membro do corpo de avaliadores pediu a esse grupo de alunos que fizesse uma exposição de como os primeiros transmissores de voz foram construí-

dos. O grupo respondeu que não foi nenhum cientista sozinho que produziu as transmissões de ondas eletromagnéticas, destacando que, sozinhos, os cientistas não produzem nada. Todos que trabalharam com o tema se basearam em pesquisas e trabalhos de outros cientistas e que hoje o intercâmbio de ideias ainda ocorre, mas de maneira muito mais rápida.

IV. Comentários finais

A construção, aplicação e avaliação do projeto pedagógico descrito permitem-nos afirmar que o conhecimento e a manipulação, pelos alunos, de aparatos experimentais históricos pode ser um caminho para trazer às aulas de Física discussões que possibilitam diminuir o distanciamento entre o ensino de Física e a tecnologia. As discussões históricas travadas em conjunto com o manuseio de experimentos históricos e equipamentos eletrônicos permitiu aos alunos perceberem que o conhecimento científico, assim como os aparatos tecnológicos, possui uma história. Essas discussões salientaram questões importantes para a compreensão do conhecimento científico e tecnológico, possibilitando evidenciar, em sala de aula, que questionamentos filosóficos como os de Oersted podem levar a experimentos inovadores, como o da agulha imantada que, pela primeira vez, demonstrou uma relação entre eletricidade e magnetismo. Além disso, mostraram que controvérsias científicas, como as enfrentadas por Hertz, podem impulsionar novos experimentos de certo campo da Ciência que permitem novas possibilidades tecnológicas, como o Arco de Poulsen.

A leitura de um material de apoio didático com enfoque histórico-filosófico foi fundamental para as discussões históricas travadas nas oficinas. Isso porque cada aluno teve uma leitura particular do paradidático. Para cada um deles, a leitura salientava uma questão específica do tema discutido e suscitava dúvidas particulares que, ao serem levadas ao professor, permitiram-lhe aprofundar o debate histórico em torno ao desenvolvimento do eletromagnetismo.

O uso de experimentos e a demonstração de circuitos de equipamentos como o rádio e celulares rudimentares durante o projeto se mostrou uma ferramenta importante para trabalhar alguns conceitos físicos, como: campo elétrico e magnético, indução eletromagnética, efeito Joule. Fora isso, o trabalho experimental, através de um viés histórico, serviu para problematizar o ceticismo dos alunos quanto à possibilidade de se construir na escola aparatos que funcionem. Para eles, a escola era um espaço de experiências simples e sem utilidade e, assim, as atividades desenvolvidas no ambiente escolar estavam muito distantes do mundo tecnológico que os rodeava. Conforme os encontros ocorriam, a dúvida inicial a respeito

da possibilidade de se construir, na escola, algo que funcionasse, cedia lugar ao encantamento pelo sucesso dos aparatos e das experiências construídas.

As duas características do projeto descritas acima permitiram construir, na Oficina, um espaço de reflexão em que o processo histórico de construção de conhecimentos científicos e tecnológicos estava constantemente sendo analisado. Dessa forma, o professor discutiu com os alunos que o conhecimento científico não é fruto de um gênio isolado e que sua construção está diretamente ligada a um contexto sociocultural específico. Da mesma forma, a construção de aparatos tecnológicos está relacionada ao contexto histórico. Na segunda metade do século XIX, o eletromagnetismo apresentava novidades que estavam sendo rapidamente incorporadas no mundo técnico, mostrando novas formas de comunicação. Assim, o caráter infalível da Ciência e da Tecnologia foi problematizado e, ao mesmo tempo, ressaltado o fato de esses conhecimentos responderem a questões específicas colocadas pela cultura na qual estavam sendo desenvolvidos. Isso se refletiu na fala dos alunos no dia da apresentação. Os dois grupos consideraram aspectos históricos e filosóficos do desenvolvimento do eletromagnetismo como algo fundamental à compreensão do trabalho que desenvolveram. Essa conclusão se deve ao fato de que o aspecto histórico não foi algo reforçado pelos alunos apenas na apresentação à banca. Os grupos, ao apresentarem seus trabalhos para os familiares e amigos, ressaltaram os aspectos históricos. Fora isso, em nenhum momento, durante a apresentação à banca e resposta aos questionamentos desta, os alunos se referiram aos cientistas como gênios. Sempre colocavam o trabalho coletivo como algo fundamental ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Na avaliação do sucesso do projeto, é importante destacar que alguns fatores extraclasse foram determinantes para o resultado. O primeiro se deve ao fato de o grupo que participou da Oficina ser composto por apenas sete alunos. Esse número reduzido permitiu ao professor melhor perceber as dúvidas dos alunos, principalmente aquelas apresentadas durante a confecção do transmissor de ondas eletromagnéticas. Outro fator importante para o bom desempenho dos alunos foi a livre escolha da Oficina. É fato que eles não tinham a opção em não participar de uma oficina, mas o fato de poderem realizar a opção dentro de uma gama enorme de temas fez com que o grupo tivesse maior predisposição para o estudo do tema proposto.

Outro fator fundamental foi a participação efetiva do professor do SENAI no projeto. Esse professor possuía um conhecimento técnico de eletrônica que auxiliou a construção efetiva do transmissor e, também, permitiu a solução de problemas técnicos surgidos ao longo da construção do transmissor. Além disso, o

fato de ser professor possibilitou que explicasse aos alunos, em uma linguagem a eles acessível, o que estava sendo construído.

A participação intensa dos alunos no curso, aliada ao resultado positivo das atividades que envolviam realização de experimentos históricos e o desmonte de equipamentos, como o rádio e o celular, mostrou que o desenvolvimento de experiências junto à discussão histórico-filosófica do processo de construção da Ciência pode ser um caminho para tornar as aulas de Ciências um espaço de reflexão em torno ao conhecimento científico e tecnológico. Assim, as aulas de Física podem tornar-se espaços que permitam aos alunos perceberem que o conhecimento discutido na escola não está dissociado do mundo em que eles vivem.

Referências

ARAÚJO, M. S. T.; ABID, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ARAÚJO, M. S. T.; ANJOS, Q. F. F. Determinação de sensibilidade de bobinas magnéticas utilizando a lei de indução de Faraday. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 277-287, ago. 2006.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, Florianópolis, dez. 2002.

BRAGA, M., GUERRA, A. REIS, J. C. The Role of Historical-philosophical Controversies in Teaching Science: the debate between Biot and Ampère. **Science&Education**, Online first outubro de 2010.

FILHO, J. B. R.; COELHO, S.; SALIM, M.; MACIEL, M. R.; SCHRAGE, P. V. Resistores de papel e grafite: ensino experiemntal de eletricidade com papel e lápis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 228-236, ago. 2003.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa Qualitativa**, Artmed Editora: Porto Alegre, 2009, 405 p.

GONÇALVES, E. S.; MOREIRA, M. A. Laboratório estruturado versus não-estruturado: um estudo comparativo em um curso convencional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 389-402, jan. 1980.

GUERRA, A; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Faraday e Maxwell eletromagnetismo da indução aos dínamos**, Atual Editora: São Paulo, 2004, 63 p.

_____. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004b.

GUIMARÃES, A. P. Os 400 anos do De Magnete. **Revista Ciência Hoje**, v. 26, n. 167, p. 74-77, dez. 2000.

HEILBRON, J. L. **Electricity in the 17th and 18th Centuries: a study in early modern physics**, Dover publications Inc.: Nova York, 1999, 606 p.

HENRY, J. **James Clerk Maxwell and the Theory of the Electromagnetic Field**, Adam Hilger: Brisrol, 1986, 305 p.

LEON, G. **The story of electricity – with 20-easy-to-perform experiments**, Dover Publications: Nova York, 1983, 89 p.

LUDCKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em Educação: abordagem qualitativa**. São Paulo, EPU editora, 1986. 99p

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, Florianópolis, dez, 1995.

_____. Science, Worldviews and Education: an introduction. **Science&Education**, v. 18, n. 6-7, p. 641-666, 2009.

McCOMMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The Role and Character of the nature of Science in Science Education. In: McCommas (Ed). **The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies**. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1998. cap. 1, p. 3-40.

McCOMMAS, W. F. The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In: _____ (Ed). **The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies**. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1998. cap. 3, p. 53-72

MORUS, I. R. Galvanic cultures: electricity and life in the early nineteenth century. **Endeavour.** v. 22, n. 1, p. 7-11, 1998.

NOBRE, F. R. **Tratado de Física Elementar**, 1927. 804 p.

QUEIROZ, A. C. M. Máquinas Eletrostáticas. Rio de Janeiro: UFRJ, 1999. Disponível em: <http://www.coe.ufrj.br/ãcmq/eletrostatica.html>. Acesso em: 10 maio 2011.

RUDGE, D.; HOWE, E. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding. **Science & Education**, v. 18, p. 561-580, 2001.

SERE, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 242-252, Florianópolis, abr. 2003.

SEROGLOU, F.; KOUMARAS, P. The Contribution of the History of Physics in Physics Education: a review. **Science & Education**, v. 10, p. 153-172, 2001.

SILVA, H. C. O uso de textos e representações do professor de Física. In Ensino da Ciência, Leitura e Literatura. Cadernos CEDES, n. 41, 1997.

SILVA, H. C. e ALMEIDA, M. J. P. M. Condições de produção da leitura em aulas de física no Ensino Médio; um estudo de caso. In **Linguagens, leitura e ensino da Ciência**, Mercado das Letras: Associação de leitura do Brasil – ALB, p. 131-62, 1998

TRUMPER, R. The Physics Laboratory – a historical overview and future perspectives. **Science & Education**, v. 12, n. 7, p. 645-670, 2003.

WILLIAMS, L. P. **The origins of Field Theory**. Boston, London: University Press of America, 1980. 147 p.