

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS COMO FERRAMENTAS PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE⁺*

Josué Antunes de Macêdo

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais

Januária - MG

Adriana Gomes Dickman

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Isabela Silva Faleiro de Andrade

Licencianda em Física

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Belo Horizonte – MG

Resumo

Neste trabalho é relatado o processo de elaboração e aplicação de um Roteiro de Atividades, dirigido a professores do Ensino Médio, no qual são utilizadas simulações computacionais para o ensino de temas selecionados de Eletromagnetismo. As atividades foram desenvolvidas com base nos momentos pedagógicos de Delizoicov: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento. O Roteiro de Atividades é constituído por treze atividades sobre Circuitos simples e oito atividades sobre Ímãs, Corrente elétrica e Indução eletromagnética. As atividades utilizam as simulações Kit para Construção de Circuitos (KCC) e Laboratório de Eletromagnetismo, ambas desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) da Universidade do Colorado e disponíveis gratuitamente online. O roteiro desenvol-

⁺ Computer simulations as a tool for teaching basic concepts of electricity

^{*} *Recebido: novembro de 2011.
Aceito: junho de 2012.*

vido para introduzir o t3pico “Condutores e isolantes” foi aplicado a uma turma do terceiro ano do Ensino M3dio. A partir da an3lise dos dados, obtidos por meio da aplica3o de um question3rio pr3 e p3s-teste, conclui-se que a aula baseada no simulador computacional promoveu uma mudan3a conceitual nos alunos, permitindo a assimila3o das diferen3as b3sicas entre materiais que s3o condutores ou isolantes.

Palavras-chave: *Ensino de f3sica. Momentos pedag3gicos de Delizoicov. Eletromagnetismo. Simula33es computacionais.*

Abstract

In this work we report on an investigation carried out during the elaboration and application of a guide composed of activities for High School teachers, based on the use of computer simulations for teaching selected topics of electromagnetism. The proposed activities are based on Delizoicov’s pedagogical phases: initial problematization, knowledge organization and concept application. The guide consists of thirteen activities about electric circuits and eight activities about magnetic fields and electromagnetic induction. The activities use the Circuit Construction Kit and Faraday’s Electromagnetic Lab, both developed by the Physics Education Technology project, from the University of Colorado, available online. The activities about “Conductor and Insulators” are applied to students in the final year of High School. Data collected through a questionnaire applied before and after the activities, allow us to identify a conceptual change, improving the students’ assimilation of the difference between a conductor and an insulator. In general, the students defined in a better way what it means for a material to be conductor or insulator.

Keywords: *Physics education. Delizoicov Pedagogical moments. Electromagnetism. Computer simulations.*

I. Introdução

A humanidade passa por uma efervescência tecnológica nunca vista até o presente momento. A informação e a comunicação nesse contexto alcançam um plano fundamental na vida dos indivíduos. No mundo contemporâneo, cada vez mais as decisões políticas de peso tendem a girar em torno de problemas e questões relacionados direta ou indiretamente com o conhecimento científico e tecnológico. Desse modo, o domínio desse conhecimento constitui componente importante não apenas para a construção de uma visão de mundo apropriada, mas também para o exercício da própria cidadania. Assim, “é inegável que a escola precisa acompanhar a evolução tecnológica e tirar o máximo de proveito dos benefícios que esta é capaz de proporcionar” (BRASIL, 2002, p. 88).

Se, de um lado, encontram-se os estudantes atraídos e até mesmo seduzidos pela tecnologia, de outro lado, encontram-se os professores e as suas dificuldades para acompanhar o atual processo evolutivo. Se considerarmos o professor dentro do novo conceito de educação com boa formação superior e uma forte educação continuada, ele terá segurança para superar a perplexidade diante do novo. Nesse sentido, o processo de melhoria do ensino passa indiscutivelmente pela formação dos professores, sendo necessário, portanto, investir na qualidade da formação desse profissional, além das condições de trabalho oferecidas, incluindo a informatização das escolas, com equipamentos suficientes para o professor desenvolver as atividades docentes com qualidade.

Coelho (2002) afirma que a Educação passa por uma significativa crise de paradigmas caracterizada por uma mudança conceitual ou uma mudança de visão de mundo. O professor pode acompanhar tais mudanças ao adequar os seus procedimentos e o sistema de avaliação em sala de aula de acordo com a realidade. A Educação, ao se realizar em múltiplos contextos, precisa acontecer no campo social, a fim de que as experiências possam ser trocadas em um processo de reconstrução significativo e de mútua realimentação. A esse respeito, os PCN+ dizem que

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230).

Para Valente (1995), o computador tem provocado uma revolução na educação devido a sua capacidade de **ensinar**, trazendo possibilidades de implantação de novas técnicas de ensino praticamente ilimitadas. Dessa maneira, a escola deve passar a viver em consonância com a realidade externa aos seus portões e deixar de

praticar um modelo de ensino baseado em procedimentos reprodutivistas e conteudistas.

Com a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), o Ensino Médio passa a ser para todos, e não apenas para os que prosseguirão seus estudos em universidades, como ocorria antes. Assim sendo, o Ensino Médio passou a constituir a etapa final da Educação Básica e, para uma parcela considerável da população, é nele que se dá o único contato formal com o conhecimento científico. Contudo, os conteúdos científicos, de modo geral, e os de Física, em particular, como são geralmente abordados nesse nível de ensino, estão distantes da verdade de sua construção e pouco ligados aos fenômenos naturais e às aplicações tecnológicas que justamente deveriam procurar descrever. Segundo Rocha (2001), pelo menos parte dos estudantes sente a necessidade de relacionar a ciência com o mundo que os rodeia, com suas aplicações e seus contornos, apesar da imagem deformada que recebem, produzindo, na grande maioria dos casos, um desconhecimento total da possibilidade de transformar a aprendizagem da Física em algo apaixonante.

No ensino de Física, por suas características específicas, existem formas de utilizar a Informática Educativa que podem ser de grande valia em sala de aula. Apesar disso, falta compreensão da atual realidade do seu uso no ensino de Física de nível médio.

Especificamente, de acordo com Santos, Santos e Fraga (2002) e Araújo (2011), conceitos da Física relacionados com o Eletromagnetismo, como a carga elétrica e onda eletromagnética, apresentam-se como elementos complexos e de difícil visualização. Na maioria das vezes, tais conhecimentos são verificados apenas por meio de fórmulas matemáticas complicadas. Muitas delas não permitem uma verificação direta pelo aluno, seja por observações ou experiências laboratoriais.

A partir dessas observações, propõe-se, neste trabalho, a elaboração de um roteiro de atividades para a utilização de simulações computacionais no ensino de conceitos básicos de Eletricidade, em nível do Ensino Médio. Este trabalho procura, também, contribuir para reverter a atual tendência da maioria dos professores de simplificar e reduzir tais conteúdos, pois acredita-se que

Com o avanço tecnológico computacional, os usos de métodos de aprendizado tradicionais tornam-se ineficientes e inadequados. A demanda por uma solução moderna e eficaz leva-nos ao conceito de software educacional. O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada

em experimentos da Física real poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda. Tal sistema seria uma ferramenta complementar para o estudo da Física, desde que através dele seja possível a realização de experimentos "virtuais" com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da Física, no nosso caso a teoria Eletromagnética (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 186-187).

Por meio do roteiro proposto neste trabalho, o professor terá à sua disposição um conjunto de simulações, com dicas de uso, objetivos, conteúdo abordado, facilitando a preparação de suas aulas. Assim, este trabalho é uma contribuição para aqueles professores que desejam elaborar e sistematizar os conteúdos básicos de Eletricidade e Magnetismo, tanto na teoria como na experimentação real e virtual, buscando e relacionando os elos entre as novas tecnologias e a formação para o ensino de Física, pois

O que sabemos é que hoje há computadores nas escolas, ligados ou não à internet, mas não são integralmente aproveitados no processo de ensino e aprendizagem. Enquanto aqueles professores acostumados a lidar com as tecnologias de informação e comunicação transitam com bastante desenvoltura pelo cenário educacional que incorpora essas tecnologias, muitos há que não se sentem à vontade para utilizar essas ferramentas e vivem, com isso, situações de angústia (BRASIL, 2002, p. 231).

Perrenoud (2000), um dos principais teóricos do desenvolvimento das matrizes de competências e habilidades na escola, sustenta a tese de que o professor contemporâneo precisa ele mesmo desenvolver algumas competências com reflexo direto no trabalho com os alunos. Uma das competências propostas é a utilização de novas tecnologias para ensinar e uma classe dessas novas tecnologias é conhecida como objetos de aprendizagem.

Objetos educacionais de aprendizagem são recursos suplementares ao processo ensino-aprendizagem, caracterizados principalmente pela possibilidade de serem utilizados em diversas situações, pela portabilidade, podendo ser operados em uma gama enorme de *hardware* e *software*, pela acessibilidade e durabilidade. Esses objetos devem ainda permitir flexibilidade de uso e ter diferentes tamanhos (granularidade) e formatos de mídia, tais como *applet* Java; aplicativo em *Macromedia Flash*; vídeo ou áudio; apresentação *PowerPoint*, entre outros. (BARROSO; FELIPE; SILVA, 2006; GAMA; SCHEER, 2004; TAROUCO; FABRE; TAMUSIUNAS, 2003).

Acredita-se, portanto, que a inserção de novas tecnologias, como simulações e o uso da *internet*, contribuirão bastante na exploração pelo aluno das inúmeras conexões entre os conhecimentos científicos básicos, os fenômenos naturais e as aplicações tecnológicas.

Assim, neste trabalho é relatado o desenvolvimento de um material didático para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade e Magnetismo, baseado nas novas tecnologias apoiadas na informática e nos momentos pedagógicos de Delizoicov (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2003). O material consiste em um Roteiro de Atividades para o uso de simulações computacionais no ensino de Eletromagnetismo, dirigido a professores do Ensino Médio. O roteiro que introduz o tópico **Condutores e isolantes**, criando situações para contextualizar o conteúdo apresentado aos alunos, foi aplicado a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio.

II. Revisão da literatura

Na atualidade, um dos recursos utilizados para tornar o ensino de Física, a partir da modelagem matemática, algo mais atrativo tem sido o uso de recursos computacionais envolvendo manipulação simbólica com base nos fundamentos da informática educativa (MACÊDO; DICKMAN, 2009). Assim, nesta seção são definidos alguns termos básicos ligados à modelagem matemática e computacional, o que contribuirá para o entendimento do processo de construção e utilização de uma simulação e também para a percepção das suas limitações. Em seguida, discutem-se as possibilidades e limitações da utilização de simulações para ensinar física.

II.1 Modelagem computacional e simulações

Um modelo matemático é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema, segundo uma estrutura de conceitos mentais ou experimentais. O termo *modelo* foi introduzido na Matemática no último século e atualmente é muito utilizado no circuito acadêmico (MACINTYRE, 2002).

Segundo Biembengut e Hein (2005), um conjunto de símbolos e relações matemáticas que traduz, de alguma forma, um fenômeno em questão ou um problema ligado a uma situação real é denominado de Modelo Matemático. Alguns dos objetivos estabelecidos para a construção de um Modelo Matemático, propostos por Davis e Hersh (1985), citado por Macintyre (2002, p. 57 e 58), são:

- 1) obter respostas sobre o que acontecerá no mundo físico;

- 2) influenciar a experimentação ou as observações posteriores;
- 3) promover o progresso e a compreensão conceituais;
- 4) auxiliar a axiomatização da situação física;
- 5) incentivar a Matemática e a arte de fazer modelos matemáticos.

Percebe-se que o caminho para atingir um Modelo Matemático requer algum esforço e alguma dedicação. O tipo de modelo a ser utilizado dependerá de vários fatores, tais como: situação analisada, variáveis envolvidas e recursos disponíveis. Para se chegar ao Modelo Matemático, tem-se que passar por um processo denominado Modelagem Matemática.

A intenção geral da modelagem matemática é gerar condições para aquisição de saberes em um ambiente de investigação. O método científico é o eixo sobre o qual a modelagem está assentada. A observação dos fenômenos com o intuito de gerar um estado de dúvida e problematização é o ponto de partida para a construção de um modelo matemático que exprima as relações entre as grandezas observadas. (MOURA, 2001).

A modelagem matemática é de suma importância no ensino de Física e, de acordo com Vasconcelos *et al.* (2005)

*Um dos grandes problemas enfrentados pelos alunos do Ensino Médio no Brasil consiste em compreender conteúdos que envolva física e matemática. [...] A modelagem matemática é de fundamental importância para proporcionar a construção e manipulação de modelos dinâmicos quantitativos matematicamente de modo que estes possam ser analisados de forma mais clara e concisa (VASCONCELOS *et al.*, 2005, p. 1-2).*

Para Biembengut e Hein (2005, p.12), Modelagem Matemática é “o processo envolvido na obtenção de um modelo, podendo, sob alguns aspectos, ser considerado um processo artístico”. Para elaborar um modelo, além de conhecimento apurado de Matemática, o modelador deve ter uma dose significativa de intuição e criatividade para interpretar o contexto, discernir qual conteúdo matemático melhor se adapta e senso lúdico para jogar com as variáveis envolvidas.

A modelagem computacional é a área que trata da simulação de soluções para problemas científicos, analisando os fenômenos, desenvolvendo modelos matemáticos para sua descrição, e elaborando códigos computacionais para obtenção daquela solução. Já a simulação consiste em empregar técnicas matemáticas em computadores com o propósito de imitar um processo ou operação do mundo real. Dessa forma, para ser realizada uma simulação, é necessário construir um

modelo computacional que corresponde à situação real que se deseja simular (FREITAS FILHO, 2008).

É importante ressaltar que a linguagem matemática desempenha um papel essencial na representação do Mundo, entretanto, ela não pode ser confundida com explicação. Veit e Teodoro (2002) apresentam um ótimo exemplo que diferencia representação e explicação:

[...] a lei da gravitação universal de Newton é uma forma de representar, através de um modelo matemático, a interação entre corpos celestes. Nada nos diz acerca do que é gravitação. O poder da linguagem matemática resulta, pois, não da sua capacidade de explicação, mas da sua capacidade de representação, de descrição do processo natural. Isto é, utilizando-se equações, é possível reproduzir no papel (no caso de Newton, que não tinha computador, mas paciência para realizar inúmeros cálculos repetitivos...) ou no computador o que se passa no céu (com certo grau de aproximação)!
(VEIT; TEODORO, 2002, p. 88)

II.1.1 Animações e simulações

De acordo com Freitas Filho (2008), animação consiste em empregar técnicas matemáticas em computadores com o propósito de imitar um processo ou uma operação do mundo real. Dessa forma, para elaborar uma animação, é necessário construir um modelo computacional correspondente à situação real que se deseja simular. Uma simulação contempla uma animação, sendo mais abrangente, pois permite ao aluno não somente manipular o evento, mas conhecer e/ou modificar as relações entre as grandezas físicas presentes.

Macêdo (2009) resalta que os professores de Física constantemente enfrentam vários problemas, ao tentarem explicar para seus alunos fenômenos abstratos e complicados. A maioria desses problemas ocorre porque os fenômenos abstratos são difíceis de serem imaginados e visualizados somente por meio de palavras e gestos, ou complicados de serem representados por figuras. As simulações possibilitam aos alunos observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias, meses ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar (TAVARES, 2008).

II.1.2 Applets

De acordo com Xavier, Xavier e Montse (2003), um *applet* é um programa computacional realizado em linguagem JAVA (Java-Sun), e possui a vantagem de ser executado diretamente de uma página *web*. Os *applets* permitem múltiplas

aplicações, tais como elementos móveis, sistemas de controles, introdução de dados, mecanismos interativos, entre outros. As principais características dos *applets*, de acordo com os mesmos autores:

- São programas relativamente pequenos;
- São programados para serem incorporados e executados diretamente em uma página *web*;
- São configuráveis, isto é, permitem ao professor fazer adaptações de acordo com sua realidade;
- São interativos, isto é, permitem ao usuário manipular determinados elementos, modificando o resultado gráfico ou textual;
- São distribuídos, na sua maioria, gratuitamente na *internet*.

Dessa maneira, *applets* são programas leves e rápidos, necessitando de pouco tempo para serem carregados no computador. A sua utilização é relativamente simples, não necessitando de muitas explicações. A maioria dos estudantes aprende rapidamente a manipulá-los.

Xavier, Xavier e Montse (2003) destacam que os *applets* mais úteis aos professores de Física são aqueles que simulam um determinado processo físico, tais como modelação de fenômenos, tanto em sua vertente qualitativa como quantitativa.

II.1.3 Simulações interativas e não interativas

Existem várias aplicações dos computadores nas escolas, sendo que, no ensino de Física, a utilização de simulações é a prática mais comum. “[...] pela óbvia vantagem que têm de servir como ponte entre o estudo do fenômeno da maneira tradicional (quadro-e-giz) e experimentos de laboratório” (COELHO, 2002, p. 39).

As simulações podem ser divididas em dois grupos: interativas e não interativas (COELHO, 2002). Nas simulações não interativas, o usuário não pode alterar nenhum parâmetro da simulação. “Os simuladores não interativos servem para mostrar e ilustrar a evolução temporal de algum evento ou fenômeno.” (HECKLER, 2004, p.24). A Fig. 1 mostra uma simulação não interativa, na qual uma onda eletromagnética, denominada onda plana polarizada, se propaga na direção positiva do eixo x . Os vetores do campo elétrico (vermelho) são paralelos ao eixo y , enquanto os vetores do campo magnético (azul) são paralelos ao eixo z . Nessa simulação, é possível visualizar a propagação das ondas eletromagnéticas, mas não é possível fazer qualquer modificação na sua frequência ou amplitude.

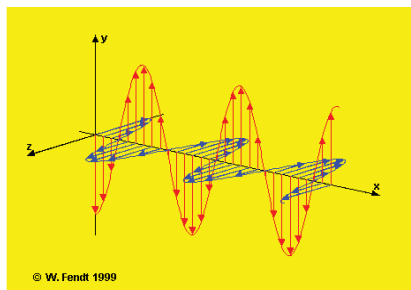


Fig. 1 – Exemplo de uma simulação não interativa. Fonte: Disponível em: <http://www.walter-fendt.de/ph14br/emwave_br.htm>.

A Fig. 2 mostra outra simulação não interativa. Neste caso, é representada a formação de raios, mostrando as nuvens carregadas negativamente e sugerindo uma comparação com um capacitor natural.



Fig. 2 – Representação de uma simulação não interativa. Fonte: Disponível em: <<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/lightning/index.html>>.

Nas simulações interativas, o usuário pode alterar vários parâmetros da simulação, explorando a situação física representada, verificando as implicações das alterações feitas no comportamento do fenômeno estudado (COELHO, 2002).

Em algumas simulações, o grau de interação é muito pequeno, mas a capacidade de simular qualitativamente o fenômeno é muito grande. A Fig. 3 mostra um exemplo típico de uma simulação desse tipo. Neste caso, o fenômeno da indução eletromagnética é investigado qualitativamente quando a chave do circuito é ligada. Podemos classificar essa simulação como realista, pois apesar de a interação permitida consistir apenas em ligar e desligar uma chave, sua capacidade de simular qualitativamente o fenômeno é muito alta, parecendo muito real. Tendo em

vista as qualidades apresentadas, essa animação pode ser utilizada como experiência demonstrativa (XAVIER; XAVIER; MONTSE, 2003).

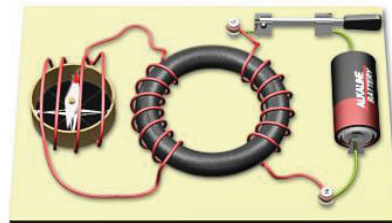


Fig. 3 – Exemplo de uma simulação com pouca interação, mas muito qualitativa. Fonte: Disponível em: <<http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday/index.html>>.

A Fig. 4 mostra o painel de trabalho de uma simulação bastante interativa, na qual o usuário pode criar circuitos com baterias, lâmpadas, interruptores, fusíveis, e uma variedade de materiais. Vários circuitos com diferentes propostas podem ser construídos a partir dessa simulação, permitindo que sejam exploradas, por exemplo, as características de circuitos em série e paralelo, ou as propriedades elétricas de materiais condutores e isolantes.

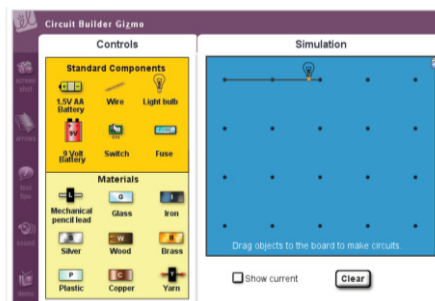


Fig. 4 – Exemplo de uma simulação interativa. Fonte: Disponível em: <<http://www.explorelarning.com/index.cfm?method=cResource.dspView&ResourceID=638>>.

Neste trabalho, procura-se dar preferência para as simulações interativas, tendo em vista serem mais adequadas aos objetivos que gostaríamos de alcançar, permitindo que os alunos explorem os fenômenos discutidos e possam, a partir da

interação, sistematizar leis, conceitos, relações etc., organizando, assim, o conhecimento.

II.2 Simulação computacional no ensino de física

A utilização da informática educativa vem a cada dia se intensificando, de modo a criar condições para que o professor possa usar essa ferramenta tecnológica no contexto da sala de aula. Assim como em outras disciplinas, na Física não é diferente.

Ao mesmo tempo em que é preciso considerar que simulações não podem substituir atividades concretas, a modelagem computacional possui um papel importante, contribuindo para sanar parte da deficiência que os alunos possuem em Matemática e Física, melhorando, assim, a sua aprendizagem, pois

A modelagem computacional aplicada a problemas de Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos – numéricos e/ou algébricos – deixando o físico ou o estudante de Física com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções, no contexto de validade dos modelos e nas possíveis generalizações/expansões do modelo que possam ser realizadas (VEIT; ARAUJO, 2005, p. 5).

As simulações podem ser bastante úteis, principalmente quando a experiência original for impossível de ser reproduzida pelos estudantes. Exemplos de tais situações podem ser uma aterrissagem na Lua, uma situação de emergência em uma usina nuclear ou mesmo um evento histórico ou astronômico (RUSSEL, 2001, *apud* MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). Experimentos perigosos ou de realizações muito caras, assim como os que envolvam fenômenos muito lentos ou extremamente rápidos estão, também, dentro da classe de eventos a serem alvos prioritários de simulações computacionais no ensino da Física (SNIR *et al*, 1988, *apud* MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Nos últimos anos, vários autores se manifestaram contra e a favor da utilização de simulações computacionais no ensino de Física. As simulações apresentam certas desvantagens, algumas vezes negligenciadas. Um sistema real é frequentemente muito complexo e a maioria das simulações que o descrevem é geralmente baseada em modelos que representam simplificações e aproximações da realidade, conforme descrito por Medeiros e Medeiros (2002):

As modernas técnicas computacionais têm tornado as representações visuais e simulações computacionais fáceis e verdadeiramente espetaculares. Ao mesmo tempo, contudo, elas têm criado uma tendência perigosa de um

uso exagerado de animações e simulações considerando-as como alternativas aos experimentos reais, como se tivessem o mesmo status epistemológico e educacional (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80).

Cabe ao professor ter o bom senso de planejar e selecionar as simulações com as quais vai trabalhar, bem como os assuntos abordados, pois

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. Tais danos tornar-se-ão ainda maiores se o modelo contiver erros grosseiros (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 81).

II.2.1 Maneiras de utilizar simulações para criar momentos de aprendizagem

Por meio da simulação o aluno tem a oportunidade de desenvolver hipóteses, testá-las, analisar os resultados obtidos e melhorar a aprendizagem dos conteúdos. Valente, afirma que:

Esta modalidade de uso do computador na educação é muito útil para trabalho em grupo, principalmente os programas que envolvem decisões. Os diferentes grupos podem testar diferentes hipóteses, e assim, ter um contato mais "real" com os conceitos envolvidos no problema em estudo. Portanto, os potenciais educacionais desta modalidade de uso do computador são muito mais ambiciosos do que os dos programas tutoriais. Nos casos onde o programa permite um maior grau de intervenção do aluno no processo sendo simulado (por exemplo, definindo as leis de movimento dos objetos da simulação) o computador passa a ser usado mais como ferramenta do que como máquina de ensinar (VALENTE, 1995, p. 11).

Assim, o papel do docente é criar momentos de aprendizagem, planejando a atividade antecipadamente, visando utilizar a simulação como complemento de suas aulas formais, antes ou após a realização de leituras e discussões em sala de aula, pois segundo Valente:

Se estas complementações não forem realizadas não existe garantia de que o aprendizado ocorra e de que o conhecimento possa ser aplicado à vida real. Além disto, pode levar o aprendiz a formar uma visão distorcida a respeito do mundo; por exemplo, ser levado a pensar que o mundo real pode

ser simplificado e controlado da mesma maneira que nos programas de simulação. Portanto, é necessário criar condições para o aprendiz fazer a transição entre a simulação e o fenômeno no mundo real. Esta transição não ocorre automaticamente e, portanto, deve ser trabalhada (VALENTE, 1995, p.12).

O processo de aprendizagem torna-se mais efetivo se a utilização de animações não for apenas um acessório, estando incorporada à atividade docente como um elemento didático. Desta maneira, o professor poderá elaborar atividades de forma que, para responder as perguntas, os alunos tenham que interagir com as simulações, aproveitando as principais vantagens de sua utilização, como a animação e a interação. Xavier, Xavier e Montse (2003) afirmam que a animação permite simular um fenômeno físico e graças à interação o estudante pode manipular a evolução de um sistema físico de maneira controlada.

Um outro aspecto importante no uso dessas simulações é o fato do aluno poder atuar de forma independente na busca do entendimento da situação mostrada, fazendo ele mesmo perguntas e procurando as respostas sobre uma dada situação Física, num processo de autorreflexão, diferentemente de uma atividade automática ou meramente reprodutiva de situação semelhante já vista, como são muitas das atividades usualmente propostas aos estudantes (MIRANDA; BECHARA, 2004, p. 2).

Assim, em acordo com Miranda e Bechara (2004), pode-se utilizar as simulações não apenas para resolver problemas, mas também como uma atividade de iniciação científica. Para isso o professor pode propor atividades nas quais os alunos identificam o problema, as variáveis significativas, e elaboram as possíveis hipóteses para a sua solução, decidindo-se a melhor maneira de obter os dados. Após a coleta dos dados, estes são contrastados com as hipóteses iniciais, para comprovar sua validade. No caso das hipóteses não serem comprovadas, deve-se saber redefinir a solução do problema. Assim, de acordo com Gil, citado por Xavier, Xavier e Montse (2003), o estudante se comporta como um aprendiz de cientista.

As simulações podem ser utilizadas ao finalizar um tema, para identificar possíveis falhas na aprendizagem e saná-las, ou ainda antes de introduzir determinado conceito, como forma de obter-se um diagnóstico prévio dos pré-conceitos dos estudantes sobre o tema a ser estudado.

A utilização planejada de simulações pode provocar uma mudança nas atitudes dos alunos, levando, em muitas ocasiões, os alunos a criarem pequenos gru-

pos de trabalho, criando assim oportunidades de discussão e cooperação entre seus membros.

O professor poderá elaborar atividades que permitam aos alunos utilizarem as simulações na escola ou em casa, bastando para isso que eles tenham acesso a um computador conectado à *internet*. Assim, o educando poderá utilizar melhor o seu tempo livre, aprofundando nos temas discutidos em sala de aula.

No presente trabalho é proposta a elaboração de um Roteiro de Atividades dirigido a professores do Ensino Médio, no qual se integra a utilização de novas tecnologias, apoiadas na informática, em particular, a manipulação de simulações computacionais para criar momentos de aprendizagem de temas selecionados do Eletromagnetismo. As simulações utilizadas foram *Kit* para construção de circuitos elétricos: KCC e Laboratório de Eletromagnetismo, ambas desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) da Universidade do Colorado e disponíveis gratuitamente *online*.

III. Referencial teórico: Momentos Pedagógicos de Delizoicov

Esta seção trata dos Momentos Pedagógicos de Delizoicov, que é a base epistemológica deste trabalho. Delizoicov e Angotti (1994; 2003) propõem uma abordagem metodológica que consiste em dividir a atividade educativa em três momentos pedagógicos: primeiro momento pedagógico ou problematização inicial, segundo momento pedagógico, ou organização do conhecimento, terceiro momento pedagógico ou aplicação do conhecimento. A seguir descreve-se cada um deles.

III.1 Primeiro Momento Pedagógico: problematização inicial

Este momento é caracterizado pela compreensão e apreensão da posição dos alunos frente ao conteúdo que será estudado, tendo o professor papel relevante nas discussões. No primeiro momento:

São apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completamente ou corretamente, porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p. 54; DELIZOICOV; ANGOTTI, 2003, p. 31).

Inicia-se cada discussão no Roteiro de Atividades propondo questões e/ou situações problemas que estabeleçam relação entre o cotidiano dos alunos e o conteúdo de Física que se deseja desenvolver. Em seguida, são apresentadas sugestões de atividades a serem desenvolvidas, sempre apresentando questões instigadoras, na forma de pequenos desafios, que para serem resolvidos estimulam os alunos a interagirem com as simulações indicadas.

III.2 Segundo Momento Pedagógico: organização do conhecimento

Na organização do conhecimento, considerando a orientação metodológica, poderão ser utilizadas as mais variadas estratégias de modo que os estudantes se apropriem do conhecimento científico (conceitos, definições, leis, relações, etc.) e possam ser capazes de responder às questões estabelecidas na problematização inicial. Neste momento, “o conhecimento em Ciências Naturais, necessário para a compreensão do tema e da problematização inicial, será sistematicamente estudado sob orientação do professor.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p.55)

Neste trabalho as atividades elaboradas, tendo como apoio a utilização de simulações, permitem ao professor apresentar os conteúdos básicos dos tópicos selecionados de Eletromagnetismo formalmente aos alunos, desenvolvendo conceitos, definições, leis e relações, de uma forma interativa e prazerosa. As questões apresentadas proporcionam momentos de discussão, nos quais os alunos sejam capazes de identificar e aplicar as leis da Física utilizadas na interpretação e explicação dos fenômenos estudados.

III.3 Terceiro Momento Pedagógico: aplicação do conhecimento

O objetivo deste momento é aplicar o conhecimento, até então construído, na análise e interpretação da problematização inicial, bem como em outras questões e/ou situações que podem ser compreendidas por meio do mesmo conhecimento. De acordo com os autores, este momento:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p.55; DELIZOICOV; ANGOTTI 2003, p. 31).

Os Três Momentos Pedagógicos oportunizam espaço para o trabalho coletivo, para o surgimento de conflitos/confrontos de ideias, bem como, para a busca

de soluções dos mesmos, com vistas à (re)construção de saberes sistematizados pelos alunos. Segundo Delizoicov e Angotti:

Num primeiro momento o aluno está com a palavra; ou seja, o professor ouve o que o aluno tem a dizer sobre o assunto: tanto sua maneira de entender o conteúdo, como também a sua experiência de vida. Um segundo momento no qual, a partir da colocação dos alunos através de atividades, o professor ensina um conteúdo novo à classe. Um terceiro momento, no qual o aluno é estimulado a aplicar este conhecimento a uma situação nova, ou a explicá-lo com suas próprias palavras, ou elaborar um trabalho qualquer, retrabalhando o que aprendeu, apropriando-se do conhecimento adquirido (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p. 128).

Para contemplar esse momento, apresentam-se atividades a serem desenvolvidas com as simulações. Cada atividade é acompanhada de várias questões, que devem ser respondidas com base na simulação estudada. Sugerem-se ainda, atividades de pesquisa, nas quais o aluno aplica o conhecimento adquirido. Essas atividades podem ser apresentadas, a critério do professor, por meio de seminários. Para tais apresentações, a turma pode ser dividida em pequenos grupos e cada grupo fica responsável por um tema previamente escolhido.

As atividades foram elaboradas de maneira a permitir aos alunos analisar, avaliar e compreender os impactos sociais advindos das descobertas científicas e do desenvolvimento tecnológico, tal como os danos causados, bem como os benefícios decorrentes da construção de uma usina hidrelétrica, por exemplo. Assim, o aluno torna-se preparado para se posicionar frente às vantagens e desvantagens originadas pelo desenvolvimento tecnológico.

IV. Metodologia para elaboração do Roteiro de Atividades

Nesta seção são relatadas as etapas seguidas e os critérios estabelecidos para o desenvolvimento do Roteiro de Atividades proposto. As etapas a seguir ilustram como o material foi desenvolvido:

- Seleção dos tópicos de eletromagnetismo importantes e significativos para os alunos do Ensino Médio;
- pesquisa sobre as simulações disponíveis na *internet* e posterior análise das mesmas por meio de critérios como interatividade, acesso gratuito e facilidade de manuseio;

- princípios norteadores para a criação e adequação de textos explicativos e atividades para cada simulação.

IV.1 Conteúdos abordados no Roteiro de Atividades

Por ser muito extenso, é praticamente impossível ensinar todo o conteúdo de Física no Ensino Médio, sendo necessário fazer escolhas. Para isso, é preciso elaborar critérios para definir o que ensinar, por que ensinar, como ensinar e quando ensinar.

Os conteúdos de Física, na maioria das vezes, têm recebido um tratamento abstrato e fora da realidade do aluno, e o papel do professor, basicamente, é o de um mero transmissor de informações. Em contrapartida, observa-se que a imaginação, a criatividade e a crítica, tão relevantes na produção científica, tendem a ficar em segundo plano. (RICARDO, 2007)

A presente proposta de trabalho busca justamente suprir essa lacuna existente no ensino de Física. Assim, a abordagem dos conteúdos é feita levando em consideração o cotidiano dos alunos e instigando o pensar e o agir, dando, assim, uma pequena contribuição para a melhoria do ensino desta disciplina.

Para a elaboração do Roteiro de Atividades, optou-se por escolher conteúdos baseados no desenvolvimento de competências e habilidades descritas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (BRASIL, 1999), na Proposta Curricular (CBC) de Física do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007) e na Proposta de Ensino de Física para o Ensino Médio constante no livro Física (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2003).

Inicialmente, pretende-se lidar com fenômenos mais comuns do cotidiano, apresentados a partir de simulações que representam experiências simples. Tais experiências permitem estabelecer relações entre os fenômenos considerados e conceitos fundamentais da Física, partindo do pressuposto de que os alunos devam compreender, a partir da observação e da discussão de fenômenos simples, algumas das ideias adotadas pelos físicos em relação à realidade, como a possibilidade de construir modelos e equacionar o estudo da natureza.

Os alunos devem ser levados a entender a importância que a Física atribui à realização de medidas e o estabelecimento de relações entre diferentes grandezas, daí a escolha de alguns fenômenos facilmente observáveis, seja em situação real do cotidiano, seja em situação vivenciada em laboratório.

É importante enfatizar que os aspectos tecnológicos e sociais da Física implicam dar destaque tanto aos dispositivos tecnológicos baseados em conhecimentos de Física, quanto aos grandes sistemas tecnológicos construídos pelo ho-

mem e que influenciam decisivamente nossa vida social, tais como os sistemas de produção e distribuição de energia, as telecomunicações e o transporte.

Tendo em vista todas as discussões anteriores e cientes que o ensino de Física deve desenvolver as competências necessárias para a compreensão dos fenômenos naturais e de suas possíveis aplicações na Ciência e tecnologia, escolheu-se trabalhar com simulações computacionais de temas selecionados de Eletromagnetismo. Assim, entende-se que fenômenos elétricos e magnéticos permitem a compreensão da base do desenvolvimento de equipamentos elétricos, tão comuns em nosso cotidiano, desde aqueles mais simples, encontrados em nossas residências, aos mais sofisticados, utilizados em indústrias, tais como geradores e motores elétricos.

Elettricidade é a parte da Física que estuda os fenômenos da natureza que envolvem as cargas elétricas, podendo ser classificados em dois grandes grupos: aqueles que ocorrem quando as cargas estão em repouso e aqueles que ocorrem quando as cargas estão em movimento. Esses dois grupos são subdivididos em três grandes áreas: a **Eletrostática**, que estuda fenômenos que se manifestam quando as cargas geradoras do fenômeno estão em repouso, o **Eletromagnetismo**, que estuda fenômenos que se manifestam quando as cargas geradoras estão em movimento e a **Eletrodinâmica**, que estuda as relações entre o movimento das cargas e suas causas. (HEWITT, 2011)

Este trabalho se restringe ao estudo de tópicos de Magnetismo e Eletrodinâmica, ao se optar por explorar conceitos e aplicações relacionados ao funcionamento de circuitos elétricos, campos magnéticos gerados por ímãs e correntes elétricas, e fenômenos de indução eletromagnética.

IV.2 Critério de escolha das simulações

Ao sugerir atividades que envolvam a manipulação de simulação, deve-se ter em mente algumas características, sem as quais pode-se não obter o resultado esperado. A avaliação de *softwares* educacionais e seu uso ainda não possuem métodos consagrados. A avaliação da qualidade das informações e dos conteúdos disponibilizados na *internet* na forma de textos, apresentações e animações ainda é tema com carência de modelos e padrões definidos.

Assim, o estabelecimento de critérios para a escolha teve como base os itens que devem ser considerados para o desenvolvimento de uma boa simulação. Neste trabalho, optou-se por adotar os critérios elaborados por Xavier, Xavier e Montse (2003), que são:

a) Facilidade de utilização

Este item se refere a duas características: Ergonomia, ou seja, o uso do *applet* deve ser cômodo, não oferecendo dificuldades ao aluno na realização de suas tarefas; e a presença de *instruções de uso*, deve-se sempre incluir um texto explicativo ilustrando o funcionamento do *applet*, bem como possibilidades das configurações do mesmo.

O estudante não deve ter dificuldades excessivas para descobrir o funcionamento do *applet*. Se o aluno leva muito tempo para aprender a manipulá-lo, recomenda-se que o mesmo não seja utilizado, a não ser que seja de especial interesse por determinado aspecto.

Assim, ao escolher as simulações utilizadas no Roteiro de Atividades, foram privilegiadas aquelas de fácil manuseio, e que possuem instruções de funcionamento.

b) Grau de interatividade

A interatividade consiste na possibilidade que o estudante tem de alterar parâmetros, valores, variáveis, características das magnitudes e elementos que intervêm na animação. Assim, este item se refere à configuração interna, que permite ao usuário modificar os valores de certas magnitudes significativas do problema em estudo, tomando-se o cuidado para que o número de botões não seja excessivo; e à configuração externa, que possibilita a adaptação do *applet* às necessidades específicas do professor.

No presente trabalho, todas as simulações escolhidas são interativas. Procurou-se desenvolver atividades nas quais os estudantes devem necessariamente interagir com as simulações, explorando seus vários aspectos, para responder às questões propostas. Em alguns casos, a simulação foi utilizada como alternativa para a realização de experimentos, com coleta de dados e verificação de resultados.

c) Confiabilidade da origem

A maioria das animações de Física disponíveis na rede é desenvolvida por professores de Física que conhecem algum tipo de programação (*Java*, *Flash*). Assim, espera-se que as leis e propriedades reproduzidas nas animações sejam aquelas aceitas pela comunidade científica. Entretanto, é aconselhável que, antes de serem utilizadas, as animações sejam testadas para verificar a veracidade dos conceitos trabalhados, bem como as margens de aplicação, a fim de que os alunos não tenham uma visão equivocada da realidade.

Para evitar surpresas desagradáveis, neste trabalho optou-se por utilizar simulações disponíveis em páginas de órgãos educacionais, universidades, grupos

de trabalhos e professores cujo trabalho é reconhecido pela comunidade científica. (MIRANDA; ARANTES; STUDART; 2011)

Todas as simulações indicadas no Roteiro de Atividades foram testadas, verificando-se a validade do conteúdo de Física abordado. Assim, o professor poderá utilizar plenamente essas simulações.

d) Disponibilidade temporal

Muitos sítios disponíveis na *web* desaparecem inesperadamente. Para evitar tais transtornos, neste trabalho foram descartadas as simulações que apresentaram dificuldades no acesso, ou aquelas que se encontravam inacessíveis em alguma das várias buscas que foram realizadas.

As simulações utilizadas no Roteiro de Atividades estão disponibilizadas em um CD, evitando, assim, o inconveniente de o professor planejar uma aula e, ao indicar a simulação ao aluno, esta não estar mais disponível. Dessa maneira, o Roteiro de Atividades poderá ser utilizado também em escolas que não possuem acesso à *internet*.

Dois itens que também influenciaram a escolha das simulações foram *velocidade no carregamento da simulação* e *distribuição gratuita*, características fundamentais que permitem o compartilhamento do trabalho com a comunidade educativa. Foram priorizadas as simulações cujo tempo de carregamento fosse pequeno, para evitar atrasos durante a realização das atividades do Roteiro, bem como a distração dos alunos com atividades não pertinentes ao trabalho desenvolvido em sala de aula.

A maioria das simulações utilizadas no Roteiro de atividades é licenciada sob a filosofia *Creative Commons* (CC). Partindo da ideia de "todos os direitos reservados" do direito autoral tradicional, o *Creative Commons* transformou em "alguns direitos reservados". Isso significa que é permitido copiar, distribuir, exibir e executar a obra; e criar obras derivadas, sob as seguintes condições:

- **Atribuição.** Deve-se dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor ou licenciante;
- **Uso Não-Comercial.** Não é possível utilizar a obra com finalidades comerciais;
- **Compartilhamento pela mesma Licença.** Ao alterar, transformar, ou criar outra obra com base nesta, somente pode-se distribuir a obra resultante sob uma licença idêntica a esta.

Além das características discutidas anteriormente, foram considerados alguns aspectos importantes na atribuição de uma determinada simulação a cada atividade sugerida. Por exemplo, existem simulações qualitativas e quantitativas. Ao classificar uma simulação, podem-se separar aquelas que simulam um fenômeno qualitativamente, daquelas que permitem obter resultados numéricos. Dessa maneira, as simulações foram escolhidas de acordo com o tipo de atividade e competências a serem desenvolvidas no aluno.

Para atender à proposta inicial de trabalhar com conceitos básicos de Eletromagnetismo, também foram levadas em consideração as simulações sobre esse assunto que proporcionam a possibilidade de desenvolver atividades interativas, buscando sempre criar momentos de aprendizagem agradáveis, na tentativa de superar, assim, a grande dificuldade que os alunos geralmente apresentam, ao estudarem conteúdos de Física.

IV.3 Princípios norteadores para a elaboração do Roteiro de atividades

A Física faz parte do currículo do Ensino Médio desde a introdução desse nível de escolarização no Brasil. Essa disciplina era ensinada, inicialmente, apenas para aqueles alunos que pretendiam seguir cursos universitários na área de Ciências e, a partir da década de 1970, passou a integrar o currículo do Ensino Médio. Atualmente, conforme as Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1998), a Física está incluída no currículo da Base Nacional Comum, na área de Ciências Naturais e suas Tecnologias. É importante mencionar que essa disciplina também está presente nos currículos de Ensino Médio da grande maioria dos países desenvolvidos ou em desenvolvimento.

De acordo com a Proposta Curricular de Física do Estado de Minas Gerais, muitas são as razões para a manutenção do ensino da Física no nível médio, dentre elas, citam-se:

Razões Socioeconômicas: Formação de pessoal técnico e cientificamente qualificado para uma nação economicamente forte, com prestígio e poder; **Razões Sociopolíticas:** Participação do cidadão em debates sobre construção de usinas termonucleares, antenas de telefonia, barragens, transposição de rios, resíduos radioativos; **Razões Culturais:** Inserção do aluno na cultura do seu próprio tempo, na condição de sujeito; **Razões intelectuais:** Capacitação do educando a ler e interpretar informações em tabelas e gráficos e desenvolver habilidades de manuseio de instrumentos para a realização de medidas complexas (MINAS GERAIS, 2007, p. 14-15).

Na elaboração das atividades contidas no Roteiro, são levadas em consideração as razões indicadas acima para o ensino de Física. Assim, os argumentos apresentados indicam que o currículo de Física deve estar voltado para a educação geral do cidadão, abrindo perspectivas para a formação profissional do estudante e possibilitando a aquisição de uma cultura técnica e científica básica. Por outro lado, o currículo também deve oferecer conhecimentos básicos para aqueles alunos que desejam ingressar em curso superior ligado a carreiras tecnológicas ou científicas.

A proposta deste trabalho é elaborada de maneira a contemplar as diretrizes norteadoras de um currículo, de acordo com a proposta curricular de Física do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007). Dessa maneira, busca-se promover:

O desenvolvimento de competências

Uma primeira diretriz seria pensar o currículo como espaço de desenvolvimento de competências cognitivas, competências práticas e competências sociais que todo cidadão deve ter. Tais competências estão associadas à capacidade de descrever e interpretar a realidade, de planejar ações e de agir sobre o real. Se de fato almeja-se contribuir para a formação geral de todo cidadão, deve-se construir um currículo capaz de abarcar uma gama mais ampla de interesses e de estilos de aprendizagem. O currículo deve ser atraente para os estudantes e, na medida do possível, incorporar os desenvolvimentos científicos que vêm ocorrendo na Física a partir do século XX.

Neste trabalho, busca-se desenvolver as competências cognitivas, práticas e sociais quando os alunos, por meio das simulações, experimentações e discussões sugeridas, realizam as atividades propostas no Roteiro como um todo. As competências práticas estão inseridas, principalmente, na busca e análise de dados, ao sugerir a realização de experimentos virtuais, e em alguns casos, uma possível comparação com experimentos reais. A proposta de atividades em grupo e apresentação de resultados para a turma promove o desenvolvimento das competências sociais.

Uso de artefatos tecnológicos

O currículo deve propiciar ao estudante compreensão das tecnologias desenvolvidas a partir do conhecimento gerado pela Física. Os equipamentos tecnológicos devem ser examinados do ponto de vista das soluções encontradas, para os

propósitos a que se destinam e do impacto social e econômico que eles produzem na vida das pessoas. Nessa perspectiva, os artefatos e as soluções tecnológicas têm um valor pedagógico relevante.

Alguns artefatos tecnológicos comuns não podem passar despercebidos nas salas de aula. Por exemplo, aparelhos como retroprojetor, telefone fixo ou móvel, aparelho de televisão, câmera fotográfica e a própria rede elétrica permitem uma rica discussão sobre a evolução técnica e o uso social dos artefatos tecnológicos, relacionando-os com os conceitos aprendidos na Física.

As atividades propostas neste trabalho foram elaboradas de modo a propiciar, sempre que possível, uma conexão dos assuntos discutidos na Física básica com suas aplicações tecnológicas. No momento da Aplicação do conhecimento são feitas sugestões de pesquisas, levando o aluno a contextualizar o conhecimento adquirido. Sugerem-se, também, atividades envolvendo discussões, com os colegas e com a turma, acerca das vantagens do desenvolvimento tecnológico e dos impactos sociais causados por ele. Além disso, o professor poderá oportunizar momentos de discussões, levando os alunos a compreender o desenvolvimento tecnológico atual bem como suas aplicações.

Aproximação com as coisas cotidianas

A Física escolar deve se aproximar cada vez mais da Física do mundo real, das coisas do nosso cotidiano. O vertiginoso desenvolvimento da informática permite a obtenção de dados e visualização de fenômenos mediante a utilização de simuladores computacionais de modelos cada vez mais complexos, realistas e aplicáveis a situações práticas. Por exemplo, por meio de simulações, é possível estudar a queda de corpos, tratando-os como corpos que caem em um planeta real, com atmosfera, e não em um planeta ideal sem atmosfera, como geralmente é tratado nos exercícios propostos em sala de aula.

O Roteiro de Atividades foi elaborado levando-se em consideração essa diretriz. Assim, nas atividades propostas, são exploradas as possíveis ligações dos conceitos físicos com fenômenos do dia a dia. Espera-se, dessa maneira, estar contribuindo para o desenvolvimento de uma perspectiva sociocultural do aluno.

V. Roteiro de Atividades utilizando simulações

O Roteiro de Atividades¹ é constituído por treze atividades, que se baseiam nas simulações Kit para construção de circuitos elétricos: KCC e Laboratório de Eletromagnetismo, ambas desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) da Universidade do Colorado e disponíveis gratuitamente *online*. A simulação poderá ser usada *online* ou *offline*². Para a realização da atividade são necessários *plugins* Java³.

O Roteiro é dividido em dois temas: **Trabalhando com circuitos simples e Ímãs, corrente elétrica e indução eletromagnética**. Cada tema é subdividido nas seguintes atividades: Acendendo uma lâmpada; Lâmpadas ligadas em série e paralelo; Explorando a lei de Ohm; Ligações em série e paralelo: resistência total; Condutores e isolantes; Ímãs e bússolas; Campos magnéticos gerados por corrente; Motor de corrente contínua; Indução eletromagnética.

A simulação se baseia no *kit* para a construção de circuitos (KCC) que simula o comportamento de circuitos elétricos simples e proporciona um trabalho aberto no qual os alunos podem manipular resistores, lâmpadas, fios e baterias. Cada elemento tem parâmetros operacionais (tais como resistência ou tensão) que podem ser variados pelo usuário e medidos por um voltímetro e amperímetro simulados. Corrente e tensão são calculados ao longo de todo o circuito usando Leis de Kirchhoff. As baterias e os fios são projetados para funcionar como componentes ideais, ou reais, incluindo uma resistência interna. As lâmpadas são modeladas como ôhmicas, a fim de enfatizar a base de modelos de circuitos que são apresentados na introdução de cursos de física. O movimento dos elétrons é explicitamente mostrado através da visualização do fluxo e da conservação da corrente.

A título de exemplo, são apresentadas em detalhes três atividades do Roteiro: **Acendendo uma lâmpada, Lâmpadas ligadas em série e paralelo e Condutores e isolantes**, elaboradas para explorar conceitos relacionados à corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica, aplicados a circuitos elétricos

¹ A versão completa do Roteiro de Atividades pode ser obtida no *site* <http://xviiiisnefnovastecnologias.blogspot.com.br/2009_11_01_archive.html>.

² A versão em português da simulação poderá ser facilmente encontrada para download em <http://www.pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/multimidia/simulacoes/eletromagnetismo/kit_para_montagem_de_circuitos_eletricos>.

³ O *software* Java pode ser obtido gratuitamente no *site* do fabricante: <http://www.java.com/pt_BR/download>.

simples. A atividade proposta a seguir foi adaptada de Delizoicov e Angotti (2003, p. 136-37, 1994, p. 179-181).

Tema: Trabalhando com circuitos elétricos simples

Núcleo: Aplicação das relações entre tensão, resistência e corrente elétrica a circuitos resistivos. Lei de Ohm. Associação de resistores em série e em paralelo. Materiais condutores e isolantes.

Objetivos: Descrever os elementos básicos de um circuito simples e verificar seu funcionamento. Verificar a Lei de Ohm. Caracterizar associação de resistores em série e em paralelo. Determinar a resistência equivalente das associações e calcular tensões e correntes nos resistores de um circuito. Verificar as propriedades elétricas de vários tipos de materiais.

Atividade: acendendo uma lâmpada

Problematização inicial

Sugere-se ao professor iniciar a aula colocando uma questão para os alunos: Como uma lâmpada acende? O professor poderá utilizar as lâmpadas instaladas na sala de aula, ou trazer lâmpadas, pilhas e cabos para realizar uma demonstração simples para os alunos.

Divida a turma em grupos e peça que respondam à questão e, em seguida, a partir da observação, façam um esquema de ligação dos fios que acendem as lâmpadas da sala de aula, identificando os elementos envolvidos (corrente elétrica, resistência, tensão, etc.). Não importa se o esquema não for perfeito. Faça um apinhado dos resultados dos grupos, sistematizando-os para a turma.

Organização do conhecimento

Sugere-se ao professor trabalhar com os alunos as três simulações de montagens experimentais sugeridas a seguir, discutindo as questões propostas. Ao final da atividade, sistematize as conclusões da turma e compare com as respostas dadas anteriormente. Essas etapas conduzirão os alunos à observação e compreensão da situação apresentada na problematização inicial.

1ª demonstração: Utilize a simulação para montar um circuito semelhante ao esquematizado na Fig. 5. Para isso, clique sobre a lâmpada na caixa de objetos e a arraste com o *mouse* para o quadro principal da simulação. O mesmo poderá ser feito com os fios e a bateria.

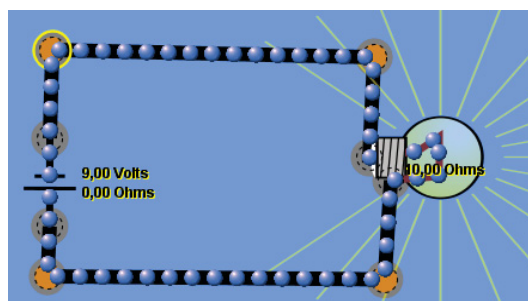


Fig. 5 – Circuito simples. Fonte: Dados da pesquisa.

Questão 1: Descreva o que acontece enquanto a lâmpada acende.

Questão 2: Especifique o que faz a lâmpada acender.

2ª demonstração: Agora, simule um circuito semelhante ao esquematizado na Fig. 6, incluindo uma chave geral.

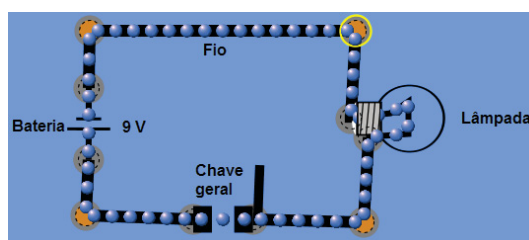


Fig. 6 – Circuito simples com uma chave geral. Fonte: Dados da pesquisa.

Questão 1: Qual a posição da chave para que a lâmpada acenda?

Questão 2: Porque isso ocorre? Discuta o conceito de corrente elétrica e descreva o caminho que essa percorre para chegar à lâmpada.

Questão 3: Para que serve uma chave deste tipo? Cite exemplos de aplicação.

Questão 4: Há alguma chave geral em sua casa? Descreva sua função.

3ª demonstração: Utilizando a simulação, monte um circuito constituído por uma chave geral, duas lâmpadas ligadas em paralelo, cada qual com o seu interruptor, como mostrado na Fig. 7.

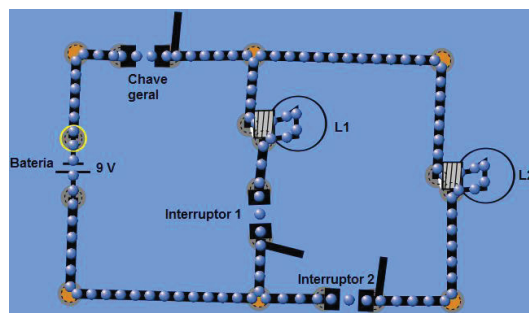


Fig. 7 – Circuito paralelo, com uma chave e dois interruptores. Fonte: Dados da pesquisa.

Verifique o que acontece nas seguintes situações, descrevendo o caminho da corrente:

- Chave geral aberta, interruptores 1 e 2 fechados. Qual lâmpada acende?
- Chave geral fechada, interruptores 1 e 2 abertos. Qual lâmpada acende?
- Chave geral fechada, interruptor 1 fechado e interruptor 2 aberto. Qual lâmpada acende?
- Chave geral fechada, interruptor 1 aberto e interruptor 2 fechado. Qual lâmpada acende?
- Chave geral fechada, interruptores 1 e 2 fechados. Qual lâmpada acende?

Questão 1: Observe na simulação o caminho que a corrente elétrica precisa percorrer para acender cada uma das lâmpadas. Para que servem os interruptores?

Questão 2: Cite exemplos de aplicações. Há interruptores em sua casa? Descreva sua função.

Aplicação do conhecimento

Neste momento, sugere-se ao professor que retome as situações da problematização inicial, agora com o conhecimento mais organizado. Assim, peça aos alunos que:

Questão 1: Comparem o funcionamento dos interruptores com o funcionamento da chave geral.

Projeto: Descrevam situações de utilização de interruptores e chaves gerais em instalações elétricas de residências.

Atividade: lâmpadas ligadas em série e paralelo

Problematização inicial

1ª demonstração: Monte um circuito constituído por três lâmpadas ligadas em série, como mostrado na Fig. 8. Para isso, clique sobre a lâmpada e a arraste com o *mouse* para o quadro principal da simulação. Repita a operação três vezes. Faça o mesmo com os fios e a bateria. Para alterar os valores da resistência interna das lâmpadas, clique com o botão esquerdo do *mouse* na lâmpada, e selecione *Alterar Resistência* introduzindo o valor de 10Ω . Para modificar o valor da tensão na bateria, repita o mesmo procedimento selecionando *Alterar Voltagem* introduzindo o valor de 30 V.

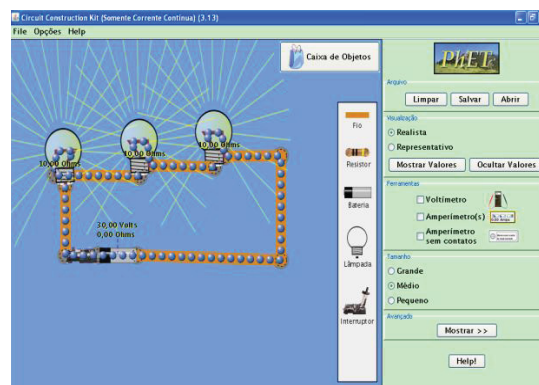


Fig. 8 – Circuito com três lâmpadas ligadas em série. Fonte: Dados da pesquisa.

Com as três lâmpadas acesas, desconecte uma das lâmpadas. Para isso, clique com o botão esquerdo do *mouse* sobre a lâmpada e selecione *remove*.

Questão 1: Descreva o que ocorre. Explique.

Questão 2: Por que quando uma lâmpada “queima” ou é desconectada, as demais lâmpadas e os aparelhos de uma residência não se apagam?

Sugere-se ao professor, neste momento, solicitar aos alunos que, usando lâmpadas e baterias, simulem a montagem de um circuito com três lâmpadas, capaz de manter acesas duas delas, quando a terceira é desconectada.

Divida a turma em grupos e peça que respondam à questão e que, a partir da observação, façam um esquema no caderno de onde estão ligados os fios que acendem as lâmpadas no circuito, identificando os elementos envolvidos (corrente elétrica, resistência, tensão, etc.). Não importa que o esquema não saia perfeito. Faça um apanhado dos resultados dos grupos, sistematizando-os para a turma.

Organização do conhecimento

Sugere-se ao professor trabalhar com os alunos as três simulações de montagens experimentais sugeridas a seguir, discutindo as questões propostas. Ao final da atividade, sistematize as conclusões da turma e compare com as respostas dadas anteriormente. Essas etapas conduzirão os alunos à observação e compreensão da situação apresentada na problematização inicial.

1ª demonstração: Usando baterias de mesma tensão e lâmpadas idênticas (de mesma resistência interna) alimentar um circuito com três lâmpadas ligadas em paralelo, como sugerido na Fig. 9.

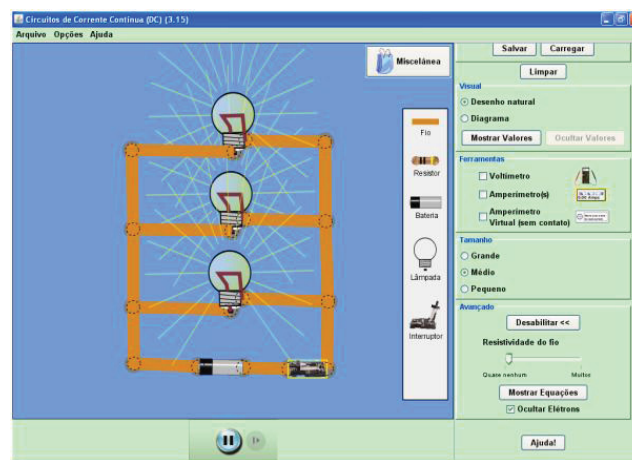


Fig. 9 – Circuito com três lâmpadas ligadas em paralelo. Fonte: Dados da pesquisa.

Com as três lâmpadas acesas, desconecte uma das lâmpadas. Para isso, clique com o botão esquerdo do *mouse* sobre a lâmpada, e selecione *remove*.

Questão 1: Descreva o que ocorre. Explique.

Questão 2: Compare seu resultado com o resultado obtido quando as três lâmpadas estavam ligadas em série. O que você conclui?

2ª demonstração: Usando baterias de mesma tensão e lâmpadas idênticas (de mesma resistência interna), alimentar um circuito com uma só lâmpada e outro circuito com três lâmpadas ligadas em paralelo, como sugerido na Fig. 10.

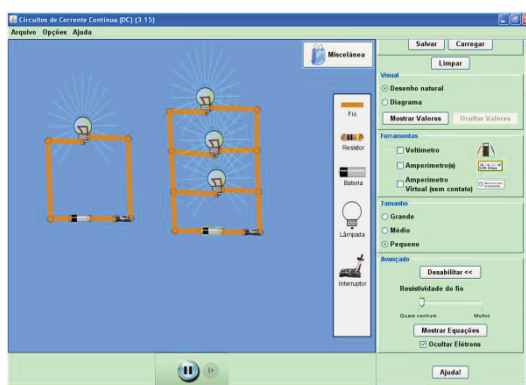


Fig. 10 – Circuito com uma e três lâmpadas em paralelo. Fonte: Dados da pesquisa.

Questão 1: Você percebe alguma diferença entre os brilhos das lâmpadas nos dois circuitos? O que você conclui dessa observação?

3ª demonstração: Usando baterias de mesma tensão e lâmpadas idênticas (de mesma resistência) alimentar um circuito com uma só lâmpada e outro circuito com três lâmpadas ligadas em série, como sugerido na Fig. 11.

Questão 1: Você percebe alguma diferença entre os brilhos das lâmpadas nos dois circuitos? O que você conclui dessa observação?

Questão 2: Compare seu resultado com o resultado obtido na segunda demonstração. O que você conclui?

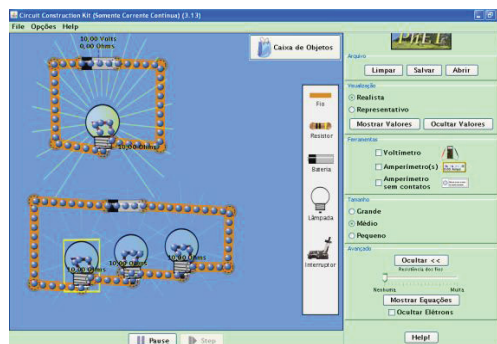


Fig. 11 – Circuito com uma e três lâmpadas em série. Fonte: Dados da pesquisa.

Aplicação do conhecimento

Neste momento, sugere-se ao professor que retome as situações da problematização inicial, agora com o conhecimento mais organizado. Assim, peça aos alunos que:

Questão 1: Explore vários circuitos com lâmpadas ligadas em série e em paralelo, alterando os valores das resistências internas das mesmas, fazendo previsões sobre o brilho das lâmpadas.

Questão 2: Tentem relacionar os resultados obtidos com as variações de corrente e queda de tensão nos circuitos simulados.

Questão 3: Expliquem porque o brilho de lâmpadas de mesma resistência interna numa residência permanece o mesmo, independente do número de lâmpadas ligadas.

Questão 4: Discutam como é feita a instalação elétrica numa residência.

Projeto: Faça uma maquete com lâmpadas, pilhas e fios representando a instalação elétrica numa residência.

Atividade: condutores e isolantes

Problematização inicial

Sugere-se ao professor, neste momento, solicitar aos alunos que discutam a seguinte questão: É muito comum tomarmos choque ao abrir/fechar a torneira conectada ao chuveiro elétrico. Quando estamos usando chinelas havaianas, isso não acontece. Explique.

Divida a turma em grupos e peça que respondam à questão. Faça um apinhado dos resultados dos grupos, sistematizando-os para a turma. Faça uma lista, junto com os alunos, de materiais que sejam isolantes e de materiais condutores.

Organização do conhecimento

A atividade a seguir permitirá aos alunos verificarem quais materiais são bons e maus condutores de eletricidade.

1ª demonstração: Monte um circuito utilizando um lápis, como mostrado na Fig. 12. Clique em *Caixa de Objetos*, e depois selecione *lápis*, arrastando-o para o quadro principal. Após ligar a chave, utilizando o voltímetro, meça a queda de tensão na lâmpada. Utilizando o amperímetro, meça a intensidade de corrente que atravessa o circuito. Varie a tensão da bateria e verifique se a lâmpada acende para algum valor da tensão. Anote os resultados.

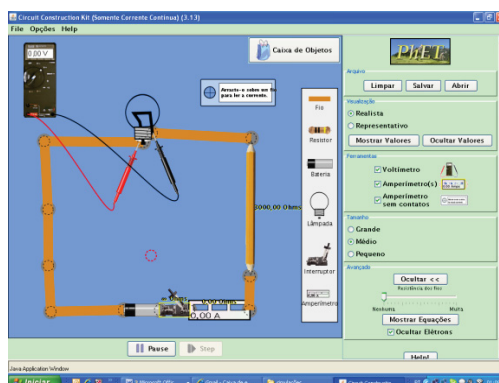


Fig. 12 – Materiais condutores e isolantes. Fonte: Dados da pesquisa.

Ajuste a resistência interna da lâmpada para 10Ω .

Questão 1: A queda de tensão medida pelo voltímetro variou?

Questão 2: A intensidade de corrente elétrica do circuito variou?

Questão 3: O grafite é um bom condutor de eletricidade? Explique sua resposta.

Questão 4: Aumente a tensão da bateria clicando em mais volts até queimar e explodir tudo.

Questão 5: Observe e anote a máxima voltagem, bem como a máxima intensidade de corrente permitida no circuito para que ele não se queime. Com esses valores, determine o valor da resistência interna do grafite.

Substitua o lápis pelo clipe de papel e verifique o que acontece. Faça o mesmo para os demais materiais disponíveis.

Responda às questões abaixo, justificando sua resposta:

Questão 6: Dos materiais constantes na simulação, quais são bons condutores de eletricidade?

Questão 7: Quais são maus condutores de eletricidade?

Questão 8: Quais são isolantes?

Aplicação do conhecimento

Neste momento, sugere-se ao professor que retome a situação da problematização inicial, agora com o conhecimento mais organizado. Assim, peça aos alunos que:

- Destaquem as características de materiais condutores e isolantes;
- Relacionem aplicações do dia a dia para os dois tipos de materiais;
- Pesquisem e discutam sobre ruptura dielétrica.

Questão 1: Pesquise em livros, revistas, enciclopédia, *internet*, etc. e explique porque alguns materiais são bons condutores e outros não.

Projeto: Analise uma lâmpada e descreva quais partes são isolantes e quais são condutoras. Faça um esquema mostrando os seus resultados e os relacione com seu funcionamento.

Projeto: Monte um circuito usando um microamperímetro (ou multímetro) e dois fios com jacarés nas pontas. Na ponta de um jacaré ligue uma placa de zinco e, na outra ponta, uma placa de cobre. Segure cada placa com uma das mãos, fechando o circuito. Observe a medida no amperímetro. Anote. Explique porque aparece uma corrente no medidor. Molhe as mãos e refaça a experiência. Compare os valores obtidos para a corrente. Explique a diferença. Os valores encontrados para a intensidade de corrente neste experimento são em torno de dez microampères (10 μ A), assim o amperímetro deve estar ajustado corretamente para efetuar a leitura da corrente.

VI. Aplicação do Roteiro de atividades

A atividade sobre *Condutores e Isolantes* foi aplicada a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública. A escolha do tema se deve à aplicação do trabalho ter ocorrido no início do ano letivo, sendo este o primeiro tópico a ser introduzido pelo professor. Foram feitas adaptações no roteiro original das atividades, devido à falta de infraestrutura da escola em questão, em particular, à falta de um laboratório de informática.

VI.1 População pesquisada

O roteiro adaptado sobre condutores e isolantes foi aplicado à turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual na cidade de Contagem (MG), turno da manhã, com vinte e dois alunos, com média de idade entre 16 e 17 anos. Vale ressaltar que esses alunos não tiveram nenhuma aula sobre o tema antes da intervenção.

VI.2 Etapas de aplicação da atividade

A aplicação da atividade foi feita em três etapas, detalhadas a seguir.

Primeira etapa

A primeira etapa constitui-se na aplicação de um pré-teste. No roteiro original, a problematização deveria ser feita por meio de uma discussão oral do professor com a turma, anotando-se as ideias prévias dos alunos sobre o tema. Optou-se pela aplicação de um pré-teste na forma de um questionário, pois nenhum dos pesquisadores era o professor da turma, tendo um contato limitado apenas ao tempo necessário para a aplicação da proposta.

O pré-teste consiste de quatro questões, duas delas relacionando o cotidiano do aluno com condutores e isolantes, uma questão teórica sobre a definição de condutores e isolantes, e uma questão para que os alunos classifiquem os objetos do seu cotidiano como condutores e isolantes.

A aplicação do pré-teste tem como objetivo a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, para orientar a discussão do conteúdo, além de permitir uma comparação com os dados do pós-teste. Outro objetivo do pré-teste é despertar no aluno a conexão existente do conteúdo proposto com situações reais do cotidiano do aluno, de acordo com o primeiro momento pedagógico de Delizoicov (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003).

Segunda etapa

A segunda etapa consiste na aplicação do simulador computacional sobre condutores e isolantes. No roteiro original, esta etapa deveria ser executada pelos estudantes em um laboratório de informática. A escola escolhida não possui computadores para os alunos, tendo somente um projetor de multimídia para uso restrito dos professores, por isso a simulação foi apresentada aos alunos em forma de seminário. Para esta etapa, foi destinada uma aula de cinquenta minutos.

Esta segunda etapa relaciona-se com o segundo momento pedagógico de Delizoicov, que consiste na organização do conhecimento. Os conhecimentos de Física são apresentados para que o tema e as questões levantadas durante a problematização inicial sejam compreendidos. É neste momento que são discutidas as definições, os conceitos, as relações e as leis. Pontos importantes nas atividades sugeridas são ressaltados para que se possa trabalhar para a organização da aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003).

Neste sentido, na aplicação do simulador computacional, realiza-se a montagem de três circuitos com materiais com diferentes propriedades condutivas: grafite, representado por um lápis, borracha e o metal de um clipe de papel. Em todos os circuitos foram colocados um voltímetro, um amperímetro, uma fonte de tensão, uma lâmpada e uma chave para abrir o circuito. Ao variar a tensão, é possível visualizar se há ou não passagem de corrente pelo amperímetro, ou pelo acendimento da lâmpada. Durante a apresentação, os alunos se mostraram bastante motivados, e houve muitos questionamentos sobre os materiais usados, havendo também um interesse para que a condutividade de outros materiais disponíveis na simulação fosse testada.

Terceira etapa

A terceira etapa constitui-se na aplicação do pós-teste. O objetivo do pós-teste é verificar se houve alguma mudança conceitual dos alunos sobre o tema. Optou-se, assim, pelo teste de assimilação do conhecimento. O pós-teste foi dividido em duas partes: a primeira consiste de perguntas relativas às demonstrações feitas durante a simulação; e a segunda são perguntas que remetem a uma síntese dos conceitos discutidos.

Esta última etapa é associada ao terceiro momento pedagógico de Delizoicov (DELIZOICOV; ANGOTTI; 2003): a aplicação do conhecimento. Esse momento implica a abordagem sistemática do conhecimento que o aluno vem incorporando, para a análise e interpretação tanto das situações iniciais discutidas como de outras situações. Entretanto, deve-se ressaltar que não foi seguida a orien-

tação do terceiro momento, na qual deveria ser verificado se o aluno seria capaz de aplicar o conhecimento em situações inéditas.

VI.3 Análise dos dados

Para fazer a análise dos dados, foi utilizada a análise de conteúdo (BARDIN, 2011), que é um processo de tratamento e análise de dados qualitativos em que se busca encontrar convergências e incidências de palavras e frases. A análise de conteúdo segundo a mesma autora é

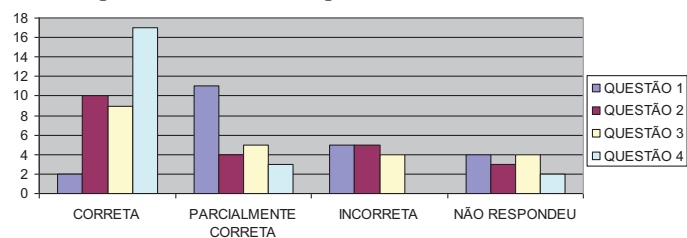
Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

As respostas colhidas foram divididas em quatro categorias: correta, parcialmente correta, incorreta e não respondeu. Na categoria **correta**, foi levada em consideração a coerência da justificativa com conceitos cientificamente aceitos. Na categoria **parcialmente correta**, foram consideradas respostas que contêm conceitos cientificamente aceitos, porém justificativas incompletas para o fenômeno em questão. Na categoria **incorreta**, foram consideradas as respostas incoerentes com o contexto. Na categoria **não respondeu**, enquadram-se as perguntas deixadas em branco.

VI.3.1 Análise do Pré-Teste

No gráfico 1, é apresentado o desempenho dos vinte e dois alunos que participaram do pré-teste. Para cada questão é mostrado o número de alunos de cada categoria.

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos no pré-teste.



Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar de metade da turma (50%) ter respondido parcialmente à primeira questão do pré-teste: “Por que algumas vezes tomamos choque ao abrir/fechar o chuveiro?”, é interessante considerar as principais ideias dos alunos em relação ao familiar choque no chuveiro. Assim, na opinião de nove alunos, o choque ocorre por causa da existência de corrente elétrica; cinco alunos citam o fato de a torneira ser metálica; cinco alunos apontam a falta de um isolante térmico, seguidos por quatro alunos que relacionam o choque com o fato de o corpo estar molhado; quatro alunos relacionam de forma variada o choque com a energia do chuveiro: “*passa energia no chuveiro*”; “*chuveiro consome muita energia*”; “*mistura de energia com água*”; três alunos apontam o fato de se estar descalço, seguidos por dois, que dizem que a água é condutora; apenas um aluno diz que o corpo funciona como um fio terra; um aluno indica a grande voltagem do chuveiro como responsável pelo choque.

Apenas dois alunos (9%) responderam corretamente à pergunta, como exemplificado pela resposta: “Porque a torneira está carregada de energia, ela é uma condutora, e ao tocarmos nela o nosso corpo funciona como uma corrente de fio terra, porque o corpo maior, fazendo com que tenha o choque.” Um exemplo de resposta parcialmente correta: “Pois a torneira é de metal, assim, como o chuveiro é elétrico, o metal conduz a eletricidade do chuveiro.” Nesta resposta, veem-se alguns elementos relacionados ao choque, mas não uma descrição completa do fato. Cinco alunos apresentaram respostas incoerentes à questão, como mostrado a seguir: “Eu acho que é porque mistura a energia com água.”

A segunda questão: “Explique porque que usando chinelas havaianas, não tomamos choque no chuveiro?”, teve uma porcentagem bem maior de acertos em relação à primeira (45%). Exemplo de resposta considerada correta para esta questão é: “Pois ela é feita de borracha, que é um isolante elétrico”. Um exemplo de uma resposta parcialmente correta: “Porque a borracha é como se fosse uma proteção contra o choque, ela impede que aconteça”. E um exemplo de uma resposta incorreta: “Por causa que usando chinelas havaianas os pés não tem contato direto com a água”. Neste caso também foram feitas algumas associações. Treze alunos disseram que não tomamos choque porque a borracha é isolante; seis alunos mencionaram que a borracha protege contra o choque.

Na terceira questão foi pedido ao aluno para conceituar condutores e isolantes, e o índice de acerto foi de 41%. A natureza das respostas dos alunos é mostrada no quadro 1.

Quadro 1 – Conhecimentos prévios identificados dos alunos sobre condutores e isolantes.

Conceito	Conhecimentos prévios dos alunos
Isolante	<ul style="list-style-type: none"> - exemplos de materiais isolantes (borracha, fita isolante, isolamento de fios) (5); - isolante não conduz eletricidade (4); - aquilo que isola algo (3); - isolante é o que não conduz energia (2); - bloqueia a força externa (1); - proteção/ impede de tomar choque (2); - isola o calor do corpo (1).
Condutor	<ul style="list-style-type: none"> - é o que conduz eletricidade (5); - permite passagem de corrente (3); - condutor “transfere/conduz energia” (3); - “conduz algo” (3); - “deixa passar força externa” (2); - é o que recebe calor (1).

Fonte: Dados da pesquisa. O número entre parênteses indica a frequência da resposta.

Um exemplo de resposta considerada correta: “*Isolante: que não conduz eletricidade/Condutor: conduz eletricidade*”; exemplo de resposta considerada parcialmente correta: “*Isolante – é tipo uma proteção/ Condutor – é aquilo que conduz algo*”; e um exemplo de resposta incorreta: “*Isolante é o que isola, ou seja, ele bloqueia a força externa, não deixando ela ser conduzida. Condutor é o que conduz, ou seja, as forças externas passam por ele e seguem para outro lugar.*”

Na quarta questão, são solicitados aos alunos exemplos de objetos/materiais condutores e isolantes. Como exemplo de isolante, dezessete alunos (77%) citaram a borracha, em vários casos mencionando objetos feitos do material, como chinelas, pneu, tapete, etc. Nove alunos citam a fita isolante, talvez associando o nome ao material. Materiais conhecidos por serem isolantes, como o plástico e a madeira, são mencionados por nove e sete alunos, respectivamente. Outros materiais como vidro, isopor, papel e parede foram mencionados por apenas um aluno cada. Constata-se apenas uma resposta parcialmente correta, na qual o aluno

cita “fio condutor” como isolante, embora mencione exemplos corretos de condutores.

Os exemplos de materiais condutores foram liderados por objetos metálicos, ferro, cobre, prata, alumínio e ouro, citados vinte e três vezes. Alguns alunos, além de mencionarem objetos metálicos, especificam também o tipo de metal. Cinco alunos citaram fios elétricos, quatro relacionam condutores com tomadas ou interruptores, dois alunos associam com eletrodomésticos ou fogão elétrico, dois alunos citam fontes de energia elétrica como pilha e bateria. A Terra, o corpo humano e a luz são citados por um aluno cada. Estranhamente, um aluno menciona o “cão guia” como exemplo de condutores. Talvez este aluno tenha feito uma relação errônea com o sentido da palavra condutores, tendo em vista que o “cão guia” geralmente é usado para “conduzir” pessoas cegas.

VI.3.2 Análise do Pós-teste

Um total de vinte e um alunos participou do pós-teste, aplicado logo após a apresentação da simulação. O pós-teste, mostrado no quadro 2, consiste de duas partes: a primeira sobre as simulações mostradas e a segunda sobre a definição dos conceitos vistos. Um aluno deixou de participar por apresentar problemas particulares e não esteve presente no dia do pós-teste.

As questões da primeira parte se baseiam nas demonstrações, nas quais um mesmo circuito elétrico é utilizado, variando-se apenas os materiais para fazer a sua ligação, para que os alunos identifiquem quais materiais são isolantes ou condutores, e justifiquem sua resposta com base na demonstração feita. Dessa maneira, as questões abordam diretamente se um determinado material é bom condutor de eletricidade ou isolante.

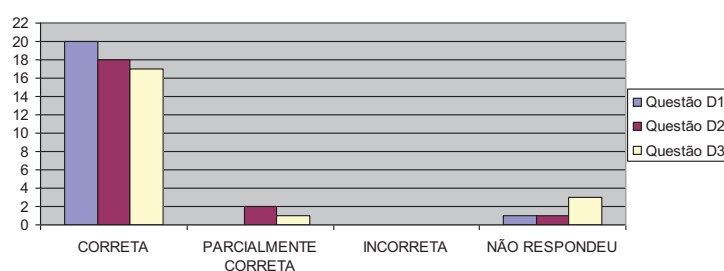
Quadro 2 – Perguntas do pós-teste.

Demonstrações	Conclusões
D1) O grafite é um bom condutor de eletricidade? Explique sua resposta.	C1) Dos materiais constantes na simulação qual(is) é(são) bom(ns) condutor(es)? Explique.
D2) A borracha é uma boa condutora de eletricidade? Explique sua resposta.	C2) Qual(is) não é (são) bom(ns) condutor(es)? Explique.
D3) O clipe é um bom condutor de eletricidade? Explique sua resposta.	C3) Qual(is) é (são) isolante(es)? Explique.
	C4) Em suas palavras, defina o que é condutor.
	C5) Em suas palavras, defina o que é isolante.

Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico 2 mostra o desempenho dos alunos nas questões da primeira parte do pós-teste. Na questão D1, vinte alunos responderam corretamente e apenas um aluno deixou em branco. Houve diversas justificativas para esta questão, as quais estão apresentadas no quadro 3. O número em parênteses indica o número de alunos que usou tal justificativa. Um exemplo de resposta considerada correta para esta questão seria: “*Não. Apesar de conduzir alguma eletricidade, não é um bom condutor*”.

Gráfico 2 – Desempenho dos alunos nas questões de demonstrações do pós-teste.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na questão D2, dezoito alunos responderam corretamente, apenas dois alunos deram respostas parcialmente corretas, e um aluno não respondeu à pergunta. Um exemplo de resposta correta para esta questão: “*Não, a borracha é isolante, ou seja, não possui elétrons livres em sua estrutura atômica.*”

Na questão D3, dezessete alunos responderam corretamente e apenas uma resposta foi considerada parcialmente correta, três alunos não responderam à pergunta. Um exemplo de resposta correta para esta questão: “*Sim porque ele possui elétrons livres em sua estrutura atômica.*”

Na segunda parte do questionário pós-teste, com cinco questões, as perguntas têm um caráter conclusivo, na tentativa de identificar uma mudança conceitual nas ideias prévias dos alunos. Assim, as três primeiras questões solicitam aos alunos uma classificação dos materiais usados nas demonstrações como bom condutor, mau condutor ou isolante, além de explicar a razão. No quadro 4 é mostrada a classificação dos materiais feita pelos alunos.

Quadro 3 – Justificativas dos alunos se o material é condutor ou isolante.

Material	Natureza das justificativas dos alunos
Grafite (lápiz)	<ul style="list-style-type: none"> - precisa de tensão maior para conduzir (6); - corrente elétrica passa devagar (3); - energia demora a passar (2); - mau condutor (2); - conduz pouca eletricidade (1); - movimenta pouca carga (1); - transmite pouca energia (1); - não conduz boa energia (1); - grafite é um condutor pequeno (1); - não possui muitas cargas livres (1); - intensidade da corrente elétrica é lenta (1); - aumentou a densidade (1); - a rotação é muito lenta (1).
Borracha	<ul style="list-style-type: none"> - isolante (18); - isolante térmico (1); - não possui elétrons livres (1); - não conduz corrente elétrica (1).
Clipe de papel (metal)	<ul style="list-style-type: none"> - porque é um metal (9); - possui elétrons livres ou soltos (2).

Fonte: Dados da pesquisa. O número entre parênteses indica a frequência da resposta.

É interessante notar que nenhum aluno classificou a borracha como bom condutor, embora nove alunos tenham dito que ela é um material mau condutor. Neste caso, entende-se que os alunos tenham confundido os significados de um material mau condutor e isolante. Em vários textos, encontram-se referências a materiais isolantes como maus condutores de eletricidade. Infelizmente, esse fato passou despercebido antes da aplicação dos questionários. De qualquer maneira, pelo quadro 4, vê-se que dezessete alunos entenderam que o grafite é condutor de eletricidade, mas não tão bom quanto o clipe de papel, que é feito de metal. No quadro 5, são mostradas as justificativas dadas pelos alunos para a classificação dos materiais, o número entre parênteses indica o número de alunos que mencionou ideias similares.

Quadro 4 – Classificação dos materiais usados na demonstração pelos alunos.

Classificação	Material			
	Clipe de papel (metal)	Lápis (grafite)	Borracha	Em Branco
Bom condutor	20	2	0	1
Mau condutor	0	17	9	1
Isolante	0	0	20	1

Fonte: Dados da pesquisa. Em vários casos, os alunos citaram mais do que um material para cada tipo de condutor.

Observa-se que quatorze alunos usaram características da demonstração em suas justificativas, citando acendimento da lâmpada/variação da corrente ou tensão. Em várias justificativas os alunos se referiram à condução ou não de energia, sem especificar o tipo. Pode-se inferir que eles se referiam à energia elétrica.

A maioria dos alunos justificou que o clipe de papel seria bom condutor por ser feito de metal. Um exemplo de resposta considerada correta para esta questão: “O clipe de papel. Pois é um metal, assim conduz bem energia.” Embora alguns alunos tenham associado o comportamento do grafite com o da borracha, como isolante, vários perceberam que era necessário aumentar a tensão da fonte para que houvesse corrente elétrica ou a luz acendesse. Um exemplo de resposta correta para esta questão: “O grafite. Porque ele conduz pouca corrente elétrica.” Um exemplo de resposta correta para a justificativa de a borracha ser isolante seria: “A borracha. Ela não conduz a eletricidade.”

Na questão C4: “O que é um condutor?”, dezoito alunos responderam corretamente e três alunos não responderam à questão. Um exemplo de resposta correta: “Condutor é quando o material tem cargas elétricas livres em sua estrutura, essas cargas são elétrons livres em sua órbita externa, esses elétrons não pertencem a um só núcleo atômico, ele muda de órbita, de um átomo para o outro.”

Na questão C5: “O que é um isolante?”, dezoito alunos responderam corretamente e três alunos não responderam. Um exemplo de resposta correta para esta questão: “Isolante: o material não possui cargas livres impedindo a movimentação da carga elétrica.”

Quadro 5 – Justificativas dadas pelos alunos para a classificação dos materiais usados na demonstração.

Material	Natureza das justificativas dos alunos
Grafite (lápiz)/borracha	<ul style="list-style-type: none"> - conduz pouca energia (4); - passa pouca corrente (3); - queda de tensão alta (2); - isolante (2); - precisa de uma tensão alta (1); - não passa quase nada de tensão (1); - lâmpada não acende (1).
Borracha	<ul style="list-style-type: none"> - não conduz eletricidade (7); - não passa energia (6).
Clipe de papel (metal)	<ul style="list-style-type: none"> - é metal (8); - acendeu a lâmpada (3); - a corrente elétrica varia (2); - queda de tensão baixa (1); - conduz energia elétrica (1).

Fonte: Dados da pesquisa.

No quadro 6 é mostrada a natureza das respostas dadas pelos alunos para as questões C4 e C5. Observa-se que a grande maioria dos alunos teve uma boa assimilação do conteúdo trabalhado por meio das simulações, o que é comprovado através de suas respostas.

Quadro 6 – Natureza das respostas dadas pelos alunos para a definição de condutores e isolantes.

Questão	Natureza das respostas dos alunos
O que é um condutor?	<ul style="list-style-type: none"> - condução de energia (7); - passagem de corrente elétrica (3); - existência de elétrons soltos ou livres (2); - condução de eletricidade (2); - passagem de energia naturalmente (1); - passagem de carga elétrica (1); - circuito de energia fica rápido (1); - condução de qualquer tipo de energia (1).

O que é um isolante?	<ul style="list-style-type: none"> - leva ou bloqueia energia (6); - não conduz eletricidade (3); - não permite a passagem de corrente elétrica (3); - não apresenta elétrons soltos (2); - não deixa o corpo perder calor (1); - não conduz qualquer tipo de energia (1); - não permite a passagem de carga elétrica (1); - isola ou não deixa receber eletricidade (1).
----------------------	---

Fonte: Dados da pesquisa.

VI.4 Discussão dos resultados

Na análise do pré-teste, verifica-se que, na primeira questão, que se referia principalmente à condução de corrente elétrica durante o choque no chuveiro, apenas dois alunos conseguiram responder de maneira satisfatória, o restante respondeu de forma confusa ou totalmente fora do contexto, ou nem respondeu. Isso mostra que a maioria dos alunos não conseguiu responder esta questão utilizando conceitos aceitos cientificamente. Na segunda e terceira questões, que se referiam aos isolantes, foi constatado que grande parte dos alunos já possuía alguma noção sobre o conceito de isolantes. Na quarta questão, solicitando exemplos de objetos do cotidiano que fossem condutores ou isolantes, percebe-se que praticamente todos os alunos conseguiram responder corretamente. Portanto, com a aplicação do pré-teste, chega-se à conclusão que a maioria dos alunos possui grande dificuldade em definir o conceito de condutor; entretanto, eles conseguem relacioná-lo com objetos de seu cotidiano.

Na análise do pós-teste, verifica-se que, na primeira parte, que se refere à montagem do circuito utilizando um lápis, um pedaço de borracha e um clipe de papel, a maioria dos alunos conseguiu responder às questões utilizando conceitos cientificamente aceitos ou fazendo referências às variações de corrente, tensão ou acendimento da lâmpada, mostradas na demonstração.

Na segunda parte do pós-teste, que teve o papel de uma conclusão dos conceitos vistos na simulação computacional, a maioria das respostas dadas pelos alunos foi compatível com conceitos cientificamente aceitos. Portanto, pode-se concluir que a aula baseada no simulador computacional promoveu uma mudança conceitual nos alunos, permitindo a assimilação das diferenças básicas entre condutores e isolantes. Os alunos, em sua maioria, conseguiram definir com maior clareza o que significa um material ser condutor ou isolante.

Vale ressaltar que também foi observada uma melhora sensível no comportamento dos alunos que, durante aplicação do simulador computacional e ao responderem o segundo questionário, se mostraram muito mais motivados e interessados do que quando foi aplicado o pré-teste. Conclui-se, assim, que uma estratégia inovadora no ensino de Física realmente pode estimular os alunos a participarem da aula, de acordo com Lopes e Feitosa (2009).

Em várias respostas, foi constatado um entendimento errôneo dos alunos em relação ao fenômeno demonstrado. Isso ocorreu devido a uma interpretação literal dos mecanismos utilizados na simulação para demonstrar uma determinada situação. No caso em que os alunos explicaram porque o grafite não é um bom condutor de eletricidade, alguns alunos responderam que “a corrente elétrica é lenta” ou a “rotação é muito lenta”, ambos fazendo referência ao movimento dos elétrons em torno do circuito visualizado na simulação computacional. De fato, a velocidade de arraste⁴ dos elétrons varia de acordo com a condutividade do material, explicando o fato de esta ser menor no grafite do que no clipe de metal. Por outro lado, essa não é a única dependência da velocidade de arraste, pois em materiais semicondutores como o silício, a velocidade de arraste dos elétrons é muito maior do que em condutores de cobre, por exemplo, devido à diferença no número de portadores de carga desses dois materiais. Assim, deve-se sempre estar atento às possíveis associações errôneas que os alunos podem fazer, ao interpretarem a representação gráfica de uma simulação, fato mencionado por Medeiros e Medeiros (2002).

VII. Considerações finais

A utilização das novas tecnologias da informação e da comunicação na Educação provoca uma reflexão sobre o processo de ensino-aprendizagem atual. Encontrar alternativas para tornar as aulas de Física mais agradáveis e motivadoras, proporcionando assim uma melhor aprendizagem aos alunos, é um desafio constante para todos os professores dessa disciplina. O ensino estritamente restrito à sala de aula, no qual o professor pressupõe ser o único dono do saber, está totalmente ultrapassado. Nos dias atuais, o conhecimento avança na direção de um processo aberto de aprendizagem em que grande parte dos atores envolvidos possui oportunidades semelhantes de acesso às informações disponíveis na rede in-

⁴ Velocidade que os elétrons livres de um material adquirem quando é aplicado um campo elétrico ou uma diferença de potencial.

formatizada de comunicações. O objetivo é facilitar esse processo. Para tanto, foi apresentada uma proposta de trabalho com ênfase na aplicação das novas tecnologias. Dentre as várias possibilidades de uso da informática no ensino de Física, optou-se pela utilização de simulações computacionais, por se acreditar que esta valoriza a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo, assim, que compreendam melhor os modelos físicos.

A tarefa do professor como educador é a de ser um facilitador da aprendizagem, e para isso poderá utilizar vários recursos, entre eles as simulações. As simulações devem ser escolhidas baseadas nos pressupostos de que, para se obter uma boa aprendizagem, o envolvimento do aprendiz deve ser ativo, os aplicativos devem se prestar a diversas formas de utilização e, dependendo dos objetivos das atividades, a interatividade passa a ser uma característica essencial. É interessante que o professor conheça as possibilidades e limitações de cada animação, a fim de propor atividades que proporcionem uma melhor aprendizagem.

Existem várias simulações disponíveis gratuitamente na *internet*, envolvendo diversos assuntos da Física. O número elevado dessas simulações, algumas de péssima qualidade e às vezes apresentando erros conceituais, dificultam a escolha dos professores, tendo em vista que não existem critérios de análise de simulações definidos e totalmente aceitos pela comunidade científica (MIRANDA; ARANTES; STUART, 2011).

Neste trabalho, procede-se a uma análise apurada das simulações propostas no Roteiro de Atividades. Priorizaram-se as simulações que permitem aos alunos uma maior interação, pois acredita-se que esse tipo de simulação oportuniza melhores momentos de aprendizagem. O professor deve sempre ter o cuidado de deixar claro para os alunos que as animações reproduzem a realidade de forma esquemática e simplificada e que, assim, os experimentos realizados por meio de simulações não são equivalentes aos experimentos reais. As atividades devem ser feitas de modo que o estudante não perca de vista o significado físico explorado, evitando utilizar as animações como um simples jogo.

A temática “Simulações Computacionais como Ferramenta Auxiliar ao Ensino de Conceitos Básicos de Eletromagnetismo” foi escolhida considerando-se a importância do assunto, principalmente devido a sua ligação com fenômenos naturais e a sua presença em equipamentos tecnológicos. As atividades foram divididas em dois grandes grupos: Circuitos Simples e Ímãs, Corrente Elétrica e Indução Eletromagnética. Em Circuitos Simples, as atividades envolvem circuitos residenciais, ligação em série e paralelo, a lei de Ohm, medidores de intensidade de corrente e tensão e condutores e isolantes, na maioria das vezes fazendo uma liga-

ção com o dia a dia dos alunos. No segundo grupo, são propostas atividades envolvendo os principais assuntos sobre Ímãs, Corrente Elétrica e Indução Eletromagnética.

A meta deste trabalho consistiu na apresentação de um Roteiro de Atividades que facilitasse o trabalho dos professores em sala de aula e proporcionasse aos alunos um ganho real em termos de aprendizagem dos conceitos de Física. Para tanto, foi elaborada uma série de atividades utilizando simulações computacionais, que podem ser aplicadas em laboratórios em aulas de cinquenta minutos. As atividades desenvolvidas foram baseadas nos momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

Por meio das atividades propostas, é possível apresentar conteúdos básicos de Eletromagnetismo de uma maneira atraente e ilustrativa, propiciando, assim, um maior envolvimento dos alunos nas aulas de Física. O uso de simulações, quando bem conduzido pelo professor, proporciona um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento, melhorando, assim, o processo de ensino e aprendizagem. As simulações devem ser usadas como um recurso a mais, à disposição do professor e nunca em substituição ao laboratório experimental. Cabe ao professor a responsabilidade e o bom senso de planejar e selecionar os assuntos a serem abordados, juntamente com as simulações com as quais vai trabalhar, discutindo as suas limitações com os alunos, propiciando mais uma oportunidade de aprendizado.

A aplicação de uma das atividades propostas a uma turma do Ensino Médio mostrou que é possível ensinar conteúdos de física de uma maneira agradável, envolvendo os alunos no aprendizado, e, ao mesmo tempo, provocando uma mudança conceitual. Vale ressaltar que a ausência de laboratórios de informática na escola não impediu a aplicação das atividades; entretanto, espera-se um resultado mais efetivo se cada aluno tiver a chance de explorar a simulação.

Referências bibliográficas

ARAUJO, S. A. *et al.* Ambiente virtual de aprendizagem para apoio ao ensino de eletricidade para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2011. p. 1-9.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70 Ltda/Almedina Brasil, 2011. 280 p.

BARROSO, M. F.; FELIPE, G.; SILVA, T. Aplicativos computacionais e ensino de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10, 2006, Londrina. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 1-7.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2005. 128 p.

BRASIL. **Lei nº 9394, de 20 dez. 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial, Brasília, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+**. Brasília: 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio – PCN**. Brasília: 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CEB nº 15/98. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: 1998.

COELHO, R. O. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas.

DELIZOICOV; D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2003. 184 p.

DELIZOICOV; D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994. 208 p.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books Ltda., 2008. 372p.

GAMA, C. L. G.; SCHEER, S. Objetos educacionais hipermediáticos na educação de engenharia, sua construção e usabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 32, 2004, Brasília. **Atas...** Brasília: COBENGE, 2004. p. 1-9.

HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de eletromagnetismo**. 2004. 229 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre.

- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 744p.
- LOPES, R.; FEITOSA, E. *Applet* como recurso pedagógico no ensino de física: aplicação em cinemática. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2009. p. 1-10.
- MACÊDO, J. A.. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Belo Horizonte.
- MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G. Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2009. p. 1-12.
- MACINTYRE, A. B. L. **Tecnologia e prazer - o ensino da matemática aplicada a administração**. 2002. 108 f. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Educação. **Proposta curricular de física do ensino médio (CBC)**. Belo Horizonte: 2007.
- MIRANDA, R. M.; BECHARA, M. J. Uso de simulações em disciplinas básicas de mecânica em um curso de licenciatura em física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. p. 1-12.
- MIRANDA, M. S.; ARANTES, A. R.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2011. p. 1-10.

MOURA, M. O. de. A atividade de ensino como ação formadora. In: CASTRO, A.; CARVALHO, A (Org). **Ensinar a ensinar: didática para a escola**. São Paulo: Editora Pioneira, 2001. 195 p.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed. 2000. 162 p.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251- 266, 2007.

ROCHA, C. A. **Elos entre a formação para o ensino de física e as novas tecnologias**. 2001. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, A. V.; SANTOS, S. R.; FRAGA, L. M. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 185-195, jun. 2002.

TAROUCO, L. M. R; FABRE, M. C. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2003.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Revista online* **Ciência & Cognição**, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação**. Campinas: Unicamp: 1995.

VASCONCELOS, F. H. L. *et al.* A utilização de software educativo aplicado ao ensino de física com o uso da modelagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005. p. 1-4.

VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Modelagem computacional no ensino de física. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, 23, 2005, Maceió. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005. p. 1-13.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun. 2002.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, N. Applets en la enseñanza de la física. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 21. n. 3, p. 463-472, 2003.