



## Simulações de fenômenos da natureza no ensino de Física

### Simulations of nature phenomena in physical education

Rafael Brock Domingos<sup>1</sup>, Ricardo Roberto Plaza Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de São Paulo – Campus Caraguatatuba – Avenida Bahia, 1739 –  
Indaiá, Caraguatatuba – SP – CEP: 11665-071 – Brasil

rafaelbrock1@gmail.com, rteixeira@ifsp.edu.br

**Abstract.** *This article aims to investigate the possibilities of using simulations of natural phenomena in the learning process of physics content in basic education and higher education, as a proposal for methodological innovation. From an analysis carried out according to the traditional methodology, in the development of physics content by public school teachers in basic education, an assessment was initially made of how the use of computer modeling software for natural phenomena, in particular, those from the website “PhET Interactive Simulations”, can both contribute to the understanding of fundamental concepts physics, as well as encouraging and stimulating students' interests in scientific themes associated with the study of nature.*

**Keywords:** *Teaching physics; Educational software; Modeling; Experiment.*

**Resumo.** *Este artigo tem o intuito de investigar as possibilidades de uso de simulações de fenômenos da natureza no processo de aprendizagem de conteúdos de física na educação básica e no ensino superior, como uma proposta de inovação metodológica. A partir de uma análise realizada de acordo com a metodologia tradicional, no desenvolvimento de conteúdos de física pelos professores das escolas públicas da educação básica, foi feita inicialmente uma avaliação sobre como a utilização de softwares de modelagens computacionais de fenômenos da natureza, em particular, aquelas do site “PhET Interactive Simulations”, pode tanto contribuir para a compreensão de conceitos fundamentais da física, quanto incentivar e estimular os interesses dos alunos por temas científicos associados ao estudo da natureza.*

**Palavras-chave:** *Ensino de física; Softwares educacionais; Modelagem; Experimento.*

### 1. Introdução

A interatividade e a imersão propiciados por um ambiente virtual podem proporcionar um maior nível de engajamento no próprio processo educacional por parte dos alunos, tornando-se facilitadores da aprendizagem de fenômenos, leis e conceitos da física [Greis 2012].



O uso de definições científicas descontextualizadas de sua realidade histórica e dissociadas dos problemas que acarretaram a significação de cada conceito, tornam muitos dos textos didáticos tradicionais um problema sério no ensino de física escolar, pois enfatizam uma abordagem que expressa os conceitos científicos, quase que exclusivamente, por definições e por operações matemáticas envolvendo equações associadas aos problemas propostos [Melo 2010]. No que diz respeito ao ensino de física, a realidade preocupante é que muitos estudantes perdem bem precocemente o interesse por áreas de estudos científicos, em particular aqueles associados à Física [Duarte 2012], pois o modo como esta ciência é discutida em sala de aula, muitas vezes apenas por meio do quadro negro, não dialoga com o mundo em que os estudantes vivem na atualidade.

A História da Ciência é uma das possibilidades para conferir vida ao ensino de ciências e favorecer a aprendizagem [Hülsendeger 2007]. Mas desde a revolução científica que se estruturou no século XVII, a compreensão da natureza se estabelece sobre um edifício de leis e conceitos teóricos que devem ser evidenciados experimentalmente, a partir de suas consequências práticas fundamentadas no método científico. Alguns dos experimentos decisivos que alteraram a história da ciência, por diversos motivos, muitas vezes, não podem ser realizados na prática junto com os estudantes, mas podem ser estudados por meio de simulações existentes na internet.

O ensino de Física não pode estar concentrado somente na veiculação de informações, pois a produção de conhecimento precisa ocorrer num contexto mais amplo que incorpore diferentes modos pelos quais podem ser construídos mentalmente os conteúdos científicos [Medeiros & Medeiros 2002]. Assim sendo, ensinar é cada vez menos transmitir mecanicamente conteúdos escolares, e a intensificação da informatização do mundo, se bem usada, pode ajudar a tornar mais efetivo o processo de aprendizagem de conceitos e princípios científicos: o uso do computador na educação não é nem um remédio para todos os males, nem um modismo passageiro destituído de qualquer fundamentação [Araujo 2005].

A vertiginosa evolução das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) trazem tanto novos desafios, quanto novas possibilidades à educação e aos seus profissionais [Almeida & Moran 2005]. Privar um cidadão do conhecimento significa, na prática, privá-lo da possibilidade de formação de uma compreensão mais ampla a respeito de si mesmo e do mundo: assim, é fundamental o uso de estratégias educacionais que proporcionem uma interação dos alunos com o núcleo do corpo de conhecimentos construídos pela humanidade, motivando-os para que realizem as suas próprias descobertas a partir das ferramentas existentes.

Uma educação que tenha como intuito incentivar a reflexão, deve procurar estimular também uma posição crítica com respeito às próprias inovações tecnológicas, inclusive, e principalmente, ao computador: para poder desmistificá-lo, é preciso compreendê-lo, encarando-o como uma máquina semelhante às outras que foram criadas pelo ser humano. O uso de qualquer tecnologia de modo emancipador exige sempre uma reflexão crítica que deve ser incentivada pelos educadores [Cox 2003].

Os grandes avanços nos aparatos tecnológicos criaram um mundo virtual que se relaciona de diversos modos com o nosso mundo real, trazendo consequências de diferentes tipos para o processo educacional. Só aprende aquele que é desafiado e este é um dos principais papéis dos educadores: instigar os seus estudantes, desafiá-los para que construam as suas interpretações sobre o mundo social e natural em que vivem [Freire



1979]. Assim, as ferramentas tecnológicas só têm real sentido se forem usadas de modo desafiador [Galvão 2004], para incentivar a curiosidade pela ciência e ampliar o engajamento de cada aluno no seu próprio aprendizado, possibilitando experiências de aprendizagem que estejam relacionadas às diferentes maneiras de aprender de cada um.

Apesar de sermos cada vez mais dependentes dos conhecimentos científicos e tecnológicos, boa parte da população possui ainda muito pouco conhecimento sobre como a ciência funciona [Sagan 2006]. No que diz respeito ao ensino de ciências, a situação é ainda mais preocupante em um país com as carências gigantescas do Brasil, o que se reflete na estrutura e nos recursos disponíveis para todo o sistema de ensino, da educação infantil ao ensino superior. A física escolar a ser ensinada, além de ter um grande grau de abstração para a compreensão de diferentes conceitos e definições, lida com diversos objetos que estão simplesmente fora do contexto material da vida de qualquer ser humano [Anjos 2008]: para perceber isso, basta pensar em um elétron ou em uma galáxia. Os professores de física com frequência procuram, no quadro negro, esboçar desenhos e figuras em suas aulas sobre os conteúdos apresentados, mas ilustrações estáticas não conseguem traduzir eficientemente os detalhes do mundo complexo e dinâmico estudado pela Física. Assim sendo, os recursos computacionais são uma boa alternativa de solução para os problemas do ensino de Física. A utilização de simulações – e mesmo de animações – por computadores, pode contribuir substancialmente para facilitar o ensino e a aprendizagem em Física, podendo, em alguns casos, compensar a ausência de equipamentos para experimentos científicos reais.

As simulações permitem explorar, de modo bastante satisfatório, as possibilidades de prever o que ocorre quando alteramos algumas grandezas de um sistema físico para explicar o que é observado em termos dos conceitos e dos princípios envolvidos; quando isto é acompanhado pela reflexão e pelo questionamento sistemático, estimulado pelo professor, esse processo pode, de fato, superar o ensino mecanizado tornando mais palpáveis os conteúdos aprendidos [Santos, Otero & Fanaro 2000]. As simulações computacionais permitem, adicionalmente, implementar um grau avançado de interatividade entre o aprendiz e a máquina, tirando o estudante de uma postura passiva. Realizar um experimento de modo virtual em um computador tem pontos negativos e positivos: dentre os últimos, podemos lembrar que é algo barato, não se corre o risco de destruição dos equipamentos envolvidos e é possível repetir-se o experimento tantas vezes quantas forem necessárias. A computação oferece uma alternativa concreta para simular experimentos inacessíveis em diversas situações [Córdova et al. 1992].

O uso da informática na escola faz parte de uma história longa de utilização de avanços da tecnologia na educação, o que remonta ao século XX [Bittencourt & Albino 2017] : desde então, várias inovações tecnológicas (cinema, rádio, televisão, slides, retroprojetores, videocassetes, DVDs, calculadoras, datashows etc.) prometeram fazer milagres, mas muitas vezes esqueceu-se que a educação é uma atividade eminentemente humana e que se realiza, sobretudo, por meio da interação entre pessoas, em particular, entre alunos e professores que devem estar capacitados e munidos de recursos para desempenhar seu trabalho.

No ensino de física, em particular, o uso da informática é algo bastante amplo [Medeiros & Medeiros 2002] e envolve tarefas como medições, coleta e análise de dados em tempo real, elaboração de gráficos, modelagens, simulações computacionais, animações, avaliações de aprendizagem, realização de apresentações e resolução



algébrica e numérica de problemas [Araujo & Veit 2004]. Em particular, as simulações computacionais com objetivos didáticos podem conferir um eficaz suporte pedagógico para atividades de cunho exploratório e que se caracterizaram, principalmente, pela observação, análise e interação do estudante com modelos científicos estabelecidos, bem como, sempre que for adequado, com modelos explicativos alternativos. A modelagem computacional no ensino de física possibilita construir e aferir a estrutura matemática de um modelo e analisar os seus resultados, permitindo testar diferentes hipóteses de explicação para um dado fenômeno.

As Tecnologias da Informação e da Comunicação, embora favoreçam a transmissão de informações em volume e em velocidade, por si só não asseguram uma relação dialógica entre educador e educando que permita a construção efetiva de conhecimentos: para isto ocorrer é importante um esforço por parte do educador para concretizar ambientes de aprendizagem nos quais o educando possa, com liberdade, recriar, modificar variáveis, tomar decisões e agir em tempo real. Neste cenário, o principal papel do professor é conseguir desafiar os seus alunos para entrarem no labirinto das interpretações existentes sobre a realidade e se apropriarem de informações, relacionando saberes e buscando explicações satisfatórias, de modo a construir conhecimentos científicos [Bianchetti & Ferreira 2005]. É fundamental transformar o modelo educacional, para que o processo de aprendizagem seja minimamente estimulante, desafiador e adequado aos alunos. O computador pode contribuir para esta tarefa, mas para isso, o papel do educador é imprescindível nesse processo, pois é ele que faz a mediação e orienta o trabalho ativo dos alunos na construção de seus saberes, pelo uso de metodologias específicas e adequadas para as dificuldades existentes e de acordo com a realidade de cada estudante [Heineck, Valiati & Rosa 2007].

## 2. Atividades de Divulgação Científica

Essa é uma pesquisa que teve como objetivo investigar e analisar algumas possibilidades de uso de simulações que estão disponíveis na internet, como ferramentas para o ensino de conceitos de física para alunos de diferentes idades e graus de escolaridade.

No início desta investigação, foram analisados artigos e trabalhos acadêmicos com o objetivo de entender algumas das principais dificuldades e problemas enfrentados pelos professores e alunos, no processo do ensino e aprendizagem de tópicos e conteúdos relacionados aos conhecimentos de física básica. Deste modo, foram levantados dois pontos importantes que serviram como alicerces para o trabalho que foi realizado.

O primeiro se encontra no fato de a física escolar, com a qual se trabalha na educação básica e no ensino superior, além de ter um grande grau de abstração para a compreensão de diferentes conceitos e definições, lida com objetos que estão simplesmente fora do âmbito observacional e material da vida da maioria dos alunos. Além disso, esboços de desenhos e figuras feitos nas aulas sobre os conteúdos apresentados, são ilustrações estáticas que não conseguem traduzir eficientemente os detalhes do mundo complexo e dinâmico, estudado pelas diferentes subáreas da física.

O segundo é referente ao uso, nas aulas de física, de definições científicas descontextualizadas de sua realidade histórica e dissociadas das questões que provocaram o surgimento de cada conceito, tornando alguns dos livros didáticos tradicionais áridos e pouco interessantes para os alunos.



Deste modo, foram elaboradas e realizadas ações de extensão de divulgação científica, envolvendo o ensino de conceitos de física, em escolas do litoral norte paulista, sobretudo no município de Caraguatatuba (SP); para isto foram estruturadas apresentações utilizando softwares de modelagens e simulações computacionais que permitem compreender melhor alguns fenômenos da natureza. Ao todo, foram visitadas nove escolas públicas (estaduais e municipais) no município de Caraguatatuba e as apresentações realizadas, envolvendo alunos destas instituições, permitiram perceber diversas possibilidades para o uso de simulações no ensino de física. Os estudantes envolvidos estavam nos últimos anos do ensino fundamental ou no ensino médio, com faixa etária entre 13 e 18 anos. Elas possibilitaram também imaginar roteiros didáticos para serem usados em aulas regulares de física, de modo a trabalhar com o uso de simulações para superar dificuldades de aprendizagem em diferentes campos da física. A observação atenta de algumas reações e dúvidas dos alunos que assistiram as palestras possibilitou compreender as melhores maneiras de usar simulações em aulas regulares de física. A pesquisa buscou analisar algumas possibilidades para a contextualização dos conceitos de física envolvidos nas simulações utilizadas.

Na internet há diversos softwares de modelagens computacionais de fenômenos da natureza (tais como PhET, Modellus, Tracker, MinuteLabs etc.) que estão disponíveis para serem usados no processo de ensino de física. Neste trabalho, foram utilizadas como ferramentas de análise e de pesquisa, algumas simulações gratuitas que se encontram disponíveis no site do “PhET Interactive Simulations”<sup>1</sup> (“Simulações Interativas em Ciências e Matemática”). As simulações disponibilizadas pelo projeto PhET, baseiam-se em uma extensa pesquisa na área da educação, de forma a envolver os alunos em um ambiente dinâmico e intuitivo, no estilo de um jogo, no qual por meio de um método ativo de exploração, descoberta e investigação, o estudante é capaz de aprender temas de disciplinas como biologia, química, matemática, física e ciências da Terra. O projeto “PhET Simulações Interativas” da Universidade de Colorado Boulder (EUA) foi fundado em 2002 por Carl Wieman, cientista que recebeu o Prêmio Nobel de Física de 2001, com o intuito de criar simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. PhET é a sigla em inglês para “Physics Education Technology” (“Tecnologia para o Ensino de Física”). Um vídeo intitulado “*What is PhET?*”<sup>2</sup> (“O que é PhET?”), com cerca de 3 minutos, explicativo acerca das simulações PhET. Adicionalmente, há um vídeo de aproximadamente 4 minutos em que o fundador do PhET explica acerca dos objetivos deste projeto, intitulado “*Carl Wieman: Por Que Doeio ao PhET?*”<sup>3</sup>. Em 2020, o site PhET contava com 158 simulações em diferentes áreas do conhecimento, traduzidas para 94 idiomas ou variações linguísticas, inclusive para o português.

Em particular, nas ações de divulgação científica realizadas no início da execução desta investigação, foram utilizadas algumas simulações do PhET, tais como “Energia na

---

<sup>1</sup> <https://phet.colorado.edu/pt/simulations>

<sup>2</sup> <https://youtu.be/OjZ6qvi21Qo>

<sup>3</sup> <https://youtu.be/N17IM7LspU8>



Pista de Skate”<sup>4</sup>, “Gravidade e Órbitas”<sup>5</sup>, “Meu Sistema Solar”<sup>6</sup>, “Monte um Átomo”<sup>7</sup>, “Decaimento Alfa”<sup>8</sup> e “Decaimento Beta”<sup>9</sup>.

Durante a elaboração e realização das atividades de divulgação científica, desenvolvidas nas escolas do litoral norte paulista, surgiram dificuldades que muitas vezes não estavam previstas no escopo de planejamento de tais atividades educacionais. Um exemplo de problema enfrentado, encontra-se relacionado ao uso obrigatório da internet para a utilização de algumas das simulações fornecidas pelo “PhET Colorado”, como foi o caso da simulação “Monte um Átomo”, que funciona apenas por meio do navegador. Isso dificultou bastante a realização da atividade e consumiu um tempo considerável até que fosse possível encontrar um lugar onde era possível conectar o notebook na rede de internet para carregar a simulação que seria utilizada. Como uma forma de solucionar esse problema, nas atividades seguintes, encontrou-se o expediente de carregar a simulação no notebook antes da saída do IFSP (onde há acesso à internet) para a visita à escola, deixando-o em estado de espera ou modo de suspensão, o que deixava o computador em um estado de baixo consumo, mas sem desligar o HD, a memória e o processador. Quando já se estava na escola, as simulações já estavam carregadas, de maneira que só restava o trabalho de conectar o notebook ao datashow (projektor de slides) que era fornecido pelas próprias escolas.

Outro problema também enfrentado na realização das atividades de divulgação científica, é que de uma forma geral, muitos dos alunos das escolas públicas de ensino médio que foram visitadas, traziam uma defasagem e carência em conhecimentos referentes à física e à matemática, o que acabou dificultando um pouco a compreensão das explicações acerca de conceitos mais elaborados de física. Uma solução foi reservar uma certa parte do tempo programado para a atividade na explicação de conceitos básicos que geralmente não tinham sido ainda aprendidos pelos alunos.

### 3. Oficinas Didáticas

A partir do acúmulo de experiências com atividades educacionais envolvendo simulações ocorridas nos meses iniciais desta pesquisa, foi possível estruturar, com maior embasamento, roteiros para oficinas didáticas, referentes a temas da área do eletromagnetismo. De modo mais específico foram estruturados 6 (seis) roteiros didáticos sobre as seguintes simulações relacionadas à eletricidade: 1 – Cargas Elétricas, 2 – Lei de Coulomb e Campo Elétrico, 3 – Capacitores, 4 – Lei de Ohm, 5 – Resistência em um fio, 6 – Circuito Elétrico. Estes roteiros foram aplicados (nos meses iniciais de 2018) em sala de aula para uma turma do curso de Licenciatura em Matemática do IFSP-Caraguatatuba.

Para a construção das partes conceituais dos roteiros, foram utilizados tanto livros que abordassem os conteúdos de eletromagnetismo no nível do ensino médio, quanto livros específicos utilizados em cursos superiores de física, matemática e engenharia. Na construção dos roteiros associados ao estudo da eletricidade, foram utilizadas como principais ferramentas de ensino, os softwares livres de modelagem de fenômenos da

<sup>4</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-skate-park](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park)

<sup>5</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/gravity-and-orbits](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gravity-and-orbits)

<sup>6</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/my-solar-system](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/my-solar-system)

<sup>7</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/build-an-atom](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/build-an-atom)

<sup>8</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/alpha-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/alpha-decay)

<sup>9</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/beta-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay)



natureza do “PhET Interactive Simulations” da Universidade de Colorado que são gratuitos e de fácil acesso pela internet. A escrita dos roteiros procurou apresentar as ideias e os conceitos físicos associados a cada simulação. Assim sendo, os roteiros foram estruturados com o seguinte padrão: 1º) Título que dá uma breve noção do tema a ser trabalhado; 2º) Objetivos que estão associados aos conceitos de física que são abordados no roteiro; 3º) Simulações com o nome das simulações utilizada; 4º) Introdução com uma breve explicação da física envolvida e uma contextualização histórica a seu respeito; 5º) Procedimentos que compõem o eixo estrutural do roteiro, com as metodologias educacionais utilizadas – tal como a aprendizagem por meio de investigação e questionamento, em que o estudante é inserido em uma situação-problema e tem que resolver questões que surgem no processo, a partir de hipóteses elaboradas pelo próprio aluno, simulando parcialmente o trabalho realizado por um cientista ao desenvolver uma teoria, de modo que ele se aproprie do problema a ser resolvido e possa levantar suas próprias conclusões e explicações sobre o fenômeno em foco. Os últimos componentes dos roteiros são: 6º) Análise e Explicação contendo explicações dos conceitos físicos abordados pela simulação, de modo que os estudantes pudessem conferir e reformular suas hipóteses levantadas ao longo das atividades realizadas nos procedimentos; 7º) Pesquisa Complementar – Avaliação em que os estudantes têm que responder algumas perguntas sobre os fenômenos físicos abordados pela simulação; 8º) Referências Bibliográficas com sugestões de livros e artigos acerca dos temas científicos trabalhados.

Juntamente com a criação dos roteiros didáticos, foram desenvolvidos questionários (aplicados em papel impresso) e roteiros de entrevistas (feitas por meio do sistema de gravação de áudio de celulares) para serem aplicados aos estudantes que participaram das oficinas realizadas. Os estudantes que participaram dos questionários e entrevistas assinaram um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”. O objetivo destes questionários e entrevistas foi avaliar a qualidade e a eficiência dos roteiros produzidos, verificando possíveis erros, de modo a implementar algumas sugestões de melhorias feitas pelos estudantes, para novas versões de cada roteiro didático.

#### **4. Simulações utilizadas e discussão sobre os resultados**

As simulações que serão descritas a seguir foram aplicadas numa série de seis encontros semanais para uma turma do 7º semestre do curso de Licenciatura em Matemática (período matutino) do IFSP-Caraguatuba, no primeiro semestre de 2018, na disciplina “Interface da Matemática com a Física 3”, com 4 aulas semanais perfazendo um total de 3 horas e 20 minutos com um intervalo de 15 minutos no meio; estas aulas ocorriam nas quintas-feiras pela manhã, no horário entre 08:40 e 12:15. A turma contava com um total de 11 estudantes e o tema básico desta disciplina era o eletromagnetismo, sendo que o livro-texto utilizado foi o volume 3 da obra “Fundamentos de Física” (6ª edição) de autoria de Halliday, Resnick e Walker (2003), publicado pela editora LTC. O professor desta disciplina era o orientador da pesquisa de iniciação científica cujos resultados são analisados neste artigo.

##### **4.1. Simulação “Balões e Eletricidade Estática”**

Na manhã do dia 08 de fevereiro de 2018, quinta-feira, foi realizada a primeira atividade com o uso de roteiros didáticos em sala de aula. Para essa aula, foi apresentada uma breve história do eletromagnetismo; após essa introdução, foram abordados alguns dos conceitos referentes a cargas elétricas, como transferência de carga, condutores,



isolantes, indução, atração, repulsão e aterramento. Para a explicação desses fenômenos, foi utilizada, a simulação intitulada “Balões e Eletricidade Estática”<sup>10</sup>, colocando em prática os procedimentos elaborados e descritos em um roteiro feito para essa simulação. Após o término da aula, foi aplicado um questionário para os dez estudantes presentes, para analisar a opinião desses estudantes sobre o uso de softwares de modelagem de fenômenos físicos em sala de aula e sobre o quanto a simulação utilizada ajudou na compreensão do conceito de carga elétrica.

Ao final do questionário, para a última questão “Qual você acha que foi o aspecto mais positivo acerca da simulação que foi apresentada?”, dentre os textos escritos pelos estudantes envolvidos, destacam-se: “A representação Visual (muito boa) sobre a explicação”; “Poder ver o que acontece com as cargas, já que geralmente só estudamos as teorias e questões escritas”; “Ver uma imagem do livro ou desenho na lousa, acaba sendo complexo e abstrato, a simulação permite que os alunos enxerguem os fenômenos com maior facilidade, possibilitando discussões e gerando perguntas”; “O aspecto visual auxilia muito na compressão do fenômeno”.

#### 4.2. Simulação “Cargas e Campos”

No dia 22 de fevereiro de 2018, foi realizada a segunda oficina com o uso de um roteiro didático previamente elaborado e que foi aplicado em sala de aula para a mesma turma de alunos. Para tanto, buscou-se trabalhar nessa aula com os conceitos físicos de campo elétrico, linha de campo, eletrostática, superfície equipotencial e voltagem. A primeira parte da aula foi destinada a trabalhar com a noção de campo elétrico gerado por cargas pontuais e, posteriormente, com campos elétricos gerados por distribuições contínuas de cargas e com linhas de campo. Após as explicações teóricas, foi utilizada a simulação “Cargas e Campos”<sup>11</sup>, que buscou complementar e reforçar conceitos físicos abordados previamente, trabalhando-os de maneira mais visual, levando em consideração o fato de que o conceito de campo elétrico possui um grau de abstração maior. Com base na simulação que estava sendo exibida na tela pelo projetor, foram realizadas perguntas investigativas sobre algumas propriedades do campo elétrico, como por exemplo: “O que acontece com as linhas de campo quando você coloca duas cargas de sinais positivos uma próxima da outra?” e “O que acontece com a intensidade do campo elétrico quando você se aproxima cada vez mais da partícula?”, perguntas que normalmente se tornam difíceis de serem compreendidas e respondidas com o uso apenas da lousa e do giz. No final dessa aula foi realizada uma entrevista com um dos estudantes presentes (o estudante A).

Para a realização dessa entrevista, foi desenvolvido previamente um roteiro com sete questões abertas, de maneira que por meio dessas perguntas, fosse possível direcionar os questionamentos para os assuntos abordados. Durante a entrevista, o entrevistado não foi interrompido em nenhum momento, de modo que ele se expressou livremente sobre os temas em questão. Como forma de documentar as respostas, optou-se por gravar apenas o áudio da entrevista, contendo as perguntas e as respectivas respostas fornecidas pelo estudante A. Após a gravação no áudio (em formato MP3), o próximo passo foi transcrevê-lo para um documento em formato de texto no programa Word, de modo que fosse possível analisar os principais pontos levantados pela entrevista com o estudante A.

<sup>10</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/balloons-and-static-electricity](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons-and-static-electricity)

<sup>11</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/charges-and-fields](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/charges-and-fields)





Portanto, para transcrever o áudio em formato de texto, buscou-se manter a sua integridade, sem alterar as palavras do que tinha sido gravado.

Abaixo destacamos trechos das respostas com algumas reflexões relevantes acerca do uso de novas tecnologias em sala de aula: “a sala de aula são quatro paredes, um ambiente fechado, um monte de cadeira e só é um professor que sabe, mas quando você coloca as tecnologias, seja ela pesquisa no Google durante a aula ou seja uma simulação, seja o que for, você está levando para o aluno a responsabilidade do conhecimento, que é muito mais do que uma rede de informações”; “como as pessoas hoje nascem já em um ambiente que é privilegiado e permeado por essas tecnologias, então fica mais fácil dialogar se você colocar em sala de aula o uso do celular, o uso de computador”; “qualquer metodologia que você decida trazer para a sala de aula é válida desde que você utilize com prudência”; “há uma ilusão muito grande de que as novas tecnologias vão substituir os seres humanos, eu acho que um trabalho onde você tenha que desprender mais energia, recursos e que tenha riscos aí você vai ter uma certa substituição, mas na profissão de professores eu não tenho medo nenhum de dizer que tecnologia não vai substituir o professor, de jeito nenhum”; “a simulação tem quer ser o carro chefe e não a lousa”.

### 4.3. Simulação “Resistência em um fio”

No dia 08 de março de 2018, foi realizada uma terceira atividade com a aplicação de um roteiro didático, abordando os conceitos físicos de resistividade e resistência de um fio condutor, no contexto da denominada segunda lei de Ohm. Nessa oficina foram apresentadas as principais variáveis que determinam o valor da resistência elétrica ( $R$ ): o comprimento ( $L$ ), a área ( $A$ ) e a resistividade ( $\rho$ ) que atua como uma constante de proporcionalidade. Após a explicação sobre a física envolvida, foi utilizada a simulação “Resistência em um Fio”<sup>12</sup> para abordar alguns conceitos de eletricidade, ilustrando por meio do software o que ocorre com o valor da resistência elétrica ( $R$ ) de um fio quando você varia seu comprimento ( $L$ ), sua área ( $A$ ) e sua constante de proporcionalidade ( $\rho$ ). Essa atividade ocorreu em meio a uma série de questionamentos e indagações realizadas pelos alunos, sobre a equação da segunda de lei de Ohm:  $R=\rho.L/A$ .

No final da aula foi realizada outra entrevista com um dos estudantes presentes, de modo a analisar o desempenho da simulação utilizada e conhecer a opinião de um estudante sobre algumas questões associadas. O estudante entrevistado nesta atividade será identificado como estudante B. Abaixo selecionamos alguns dos trechos que consideramos mais relevantes desta entrevista: “Tanto para quem tem acesso à tecnologia quanto para quem não tem acesso, [o trabalho com simulações] é muito importante, para quem tem acesso vai estar mais próximo a ele, ele pode fazer experimentos em casa pelo seu computador, então isso estimula muito a criatividade e dá ferramentas para que ele vá atrás dessa curiosidade, então assim se eu tenho curiosidade sobre o que aconteceria em tal situação, mas é caro testar isso, aí é só você pegar seu computador achar um simulador pela internet e aí já era, é muito mais fácil do que você ficar fazendo experiência com fios elétricos, por exemplo, [...], e no caso de quem não tem acesso é mais interessante ainda, porque além de você trazer um experimento virtual, você dá a ele acesso à tecnologia e você o familiariza com a tecnologia, então assim é vantajoso em qualquer um dos dois casos, qualquer realidade, assim a única coisa que eu acho que tem que tomar cuidado é

<sup>12</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)



não acreditar que isso é a solução de tudo, isso eu acho errado”; “com algumas coisas você precisa estar um pouco longe da tecnologia, especialmente para que a tecnologia não se torne uma dependência, você tem que tomar muito cuidado para isso, então acho que o professor tem que sempre ter o bom senso, eu vou usar a tecnologia, mas não vou ficar totalmente preso a ela”; “O aspecto negativo [desta simulação], talvez por estar muito visual dá para você interpretar algumas coisas erradas na própria imagem, é lógico se o professor conseguir tomar muito cuidado com isso, não será um problema, por exemplo, quando eu mesmo vi aquelas bolinhas pretas achei que eram os elétrons e eram dígitos, uma ilustração da resistência, quanto mais bolinhas pretas maior a resistividade, então assim, acho que tem que tomar cuidado para não gerar interpretações erradas com aquela parte mais visual”; “[A simulação] auxiliou, porque tornou tudo mais dinâmico, é mais fácil você ver que uma área maior [de seção reta do fio] está diretamente relacionada, por exemplo, à passagem de um número maior de elétrons, e se você fosse usar a lousa, por exemplo, ou se você fosse dialogar seria complicado nos dois casos, na lousa você demoraria muito tempo para representar isso, e se você fosse falar você perderia alunos mais visuais, há pessoas que são mais visuais, que têm que ver para entender, eu mesmo sou muito visual, então assim, recursos visuais são muito práticos e tornam tudo muito dinâmico, então acho que nessa questão facilitou muito, tornou tudo muito visual e isso é bem interessante”.

#### 4.4. Simulação “Capacitor”

No dia 15 de março de 2018, foi realizada a quarta atividade com o uso de softwares de modelagens computacionais, que teve como enfoque o conceito físico de capacitância elétrica, apresentando suas características e suas aplicações no cotidiano. Na primeira parte desta atividade, foram apresentadas as propriedades intrínsecas aos capacitores elétricos e as equações utilizados para determinar a capacitância, as cargas das placas e a energia total armazenada em um capacitor. Após a explicação formal desses conceitos, foi realizada uma oficina didática com uso da simulação “Capacitor”<sup>13</sup> do PhET da Universidade de Colorado. Nos casos anteriores a simulação era feita no computador da mesa do professor e projetada por um aparelho de datashow em uma tela situada junto à parede de frente da sala de aula. Neste caso, entretanto, foi utilizada uma sala de informática que se encontrava disponível na instituição e que dispunha de 20 computadores com acesso à internet, de maneira que os estudantes pudessem individualmente ter acesso online à simulação que seria utilizada e que estava disponível no site do PhET. A oficina realizada buscou trabalhar com a metodologia da aprendizagem por meio de investigação e de questionamento, em que os estudantes eram expostos a situações-problema e precisavam responder perguntas relacionadas aos fenômenos abordados pela simulação, de modo a explicar os comportamentos físicos observados. Após o término da oficina, foi aplicado um questionário aos estudantes, que buscou avaliar o desempenho da simulação utilizada e o impacto da oficina realizada. Abaixo destacamos algumas das respostas fornecidas para as duas últimas perguntas do questionário que eram abertas.

Quando indagados sobre o aspecto mais positivo acerca da simulação sobre “Capacitor” do PhET, destacamos as seguintes observações feitas pelos entrevistados: “A possibilidade de mexer sozinho e depois perceber, com o conteúdo teórico, o que foi

<sup>13</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/capacitor-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/capacitor-lab)



feito”; “A possibilidade de manipular e observar os valores sendo alterados de acordo com cada passo”; “Um ponto positivo é a facilidade visual e a manipulação sobre o fenômeno”; “O aspecto investigativo, podemos ver os conceitos mais abstratos no concreto”; “As ferramentas mostram o que a gente calcula através de fórmulas; então a parte teórica faz mais sentido”.

Quando indagados sobre o aspecto mais negativo acerca da simulação sobre capacitores do PhET, destacamos as seguintes observações feitas pelos entrevistados: “Se necessita de um laboratório de informática ou computador com internet, no caso de uma escola”; “Um aspecto negativo talvez seja a dificuldade dos estudantes de ensino médio em entender a diferença das escalas”; “O roteiro de atividades tem que ser mais investigativo”; “É difícil manter uma sala interessada por muito tempo”.

#### 4.5. Simulação “Lei de Ohm”

No dia 22 de março de 2018 foi realizada a quinta atividade com o uso de simulações computacionais para o ensino de física para a mesma turma de licenciandos em matemática. Na parte inicial desta aula, foram trabalhados conceitos físicos importante para entender a Lei de Ohm, tais como os conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica, tensão (voltagem), material condutor e material isolante. Após a explicação desses conceitos, foi realizada uma atividade experimental no laboratório de física e ciências naturais do IFSP-Caraguatatuba, sobre corrente elétrica, resistência e capacitores. Para a realização do experimento, foi montado previamente um circuito elétrico em uma placa protoboard, na qual foram conectados cabos jumpers (macho - macho) que alimentam o circuito com a corrente produzida por meio de uma fonte de alimentação DC; o circuito também contou com um capacitor e alguns resistores. Após a realização do experimento no laboratório, por meio da projeção de um datashow na tela branca da sala de aula regular, foi utilizada uma simulação da Lei de Ohm<sup>14</sup> do site PhET-Colorado, que buscou explicar as relações entre resistência (R), corrente (I) e tensão (V) em um fio condutor, conceitos associados à Lei de Ohm e que tinham sido trabalhados previamente, tanto experimentalmente no laboratório de física, quanto teoricamente na sala de aula. Ao término da aula, foi realizada outra entrevista com um dos estudantes presentes, que será identificado como estudante C; para tanto, essa entrevista utilizou-se dos mesmos procedimentos adotados nas entrevistas anteriores.

Abaixo destacamos alguns pontos que consideramos mais relevantes entre as respostas dadas: “Acredito que metodologias diferenciadas sejam o grande fator para melhorar o ensino de física hoje em dia”; “As Tecnologias da Informação e da Comunicação podem contribuir de maneira positiva, se usadas de maneira eficiente, assim como na matemática, a física também tem seus jogos, tem suas formas lúdicas ou até mais expressivas para ensinar determinados conteúdos, quebrando também a barreira dos alunos em relação ao medo”; “Eu tive uma experiência muito curta [no Ensino Médio] com um professor que era formado em física mesmo, eu tive apenas um ano de estudo com ele, e ele apresentou alguns jogos, algumas simulações online para ensinar física para a gente e foi bem gratificante, foi bem positiva a experiência que eu tive com ele”; “As tecnologias facilitam as metodologias que serão utilizadas pelos professores, mas eu vejo que elas precisam ser usadas de maneira eficiente, porque não basta o aluno ter um aparelho eletrônico na mão, como se simplesmente o aparelho fosse transformar a sua

<sup>14</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/ohms-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ohms-law)



aula, fazendo com que o aluno conseguisse aprender o conteúdo e que a aula passasse a ter um significado para ele, você tem que direcionar e planejar bem a sua aula para que ele utilize esse aparelho eletrônico de maneira eficiente e que você consiga atingir os objetivos daquela aula”; “O aspecto mais positivo [da simulação sobre a Lei de Ohm] foi poder ver de maneira ilustrativa e significativa a fórmula da resistência, então você via a equação e ao mesmo tempo você via uma simulação bem real do que acontece ao se manipular a equação”; “Ver na simulação o que acontece em uma situação real descrita pela fórmula, isso é uma vantagem em uma aula com conteúdo muito abstrato”.

#### 4.6. Simulação “Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual”

No dia 29 de março de 2018, foi realizada a sexta e última atividade analisada nesta pesquisa e que envolveu a aplicação de um roteiro didático mediado pelo uso de uma simulação computacional, envolvendo o estudo de circuitos elétricos pelas leis de Kirchhoff (lei dos nós e lei das malhas) e usando conceitos como os de força eletromotriz, corrente elétrica e resistência elétrica. Para tanto, a primeira parte desta aula foi usada para explicar as formas de análise de circuitos elétricos a partir das Leis de Kirchhoff. Após esta introdução teórica, foi realizada uma oficina envolvendo a simulação “Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual”<sup>15</sup> em uma sala com 20 computadores (conectados à internet) da própria instituição. A simulação utilizada buscou expor e exemplificar os diversos conceitos teóricos relacionados à eletricidade trabalhados em sala de aula, tais como os conceitos de corrente elétrica, tensão e resistência, que muitos alunos consideram bastante abstratos. Durante esta atividade, foi pedido que os estudantes (cada um em um computador diferente) construíssem um circuito elétrico “virtual” com alguns dos componentes elétricos vistos em sala de aula: baterias, resistores, interruptores, amperímetros, voltímetros etc. Assim, cada aluno teve a liberdade para montar um circuito elétrico simulado da forma que achasse mais conveniente para investigar as diversas possibilidades e recursos desta simulação. Após a construção dos circuitos, foi realizada uma explicação acerca de alguns dos conceitos teóricos trabalhados, usando como base para a explicação os próprios circuitos construídos pelos estudantes. Dentre as seis atividades, esta foi aquela que concedeu maior liberdade de ação para os alunos.

Ao término dessa oficina, foi aplicado um questionário aos estudantes presentes, buscando analisar de uma forma geral o desempenho que as simulações usadas em sala de aula tiveram ao longo das seis atividades realizadas em fevereiro e março de 2018, a partir do uso dos roteiros didáticos elaborados sobre as simulações do PhET. Pelas respostas foi possível perceber que esta foi a simulação mais apreciada pela maioria dos alunos. Além disso, nenhum dos alunos presentes relatou que teve qualquer professor de física do ensino médio que tivesse usado alguma simulação durante as suas aulas. Dentre os obstáculos para um professor utilizar uma simulação em sala de aula, foram relatados: “A atenção dos alunos para com a aula e exploração”; “Ter computadores suficientes para todos os alunos”; “A disposição de salas de informática e o domínio da sala”; “O tempo talvez seja um obstáculo, pois é muito pouco”. No que diz respeito aos motivos pelos quais a utilização de simulações pode contribuir para a aprendizagem de conceitos de física, alguns alunos salientaram os seguintes pontos: “Ela traz a visualização e a facilidade em observar o que os cálculos mostram”; “Pela manipulação livre e a presença da realidade concreta”; “Porque com a simulação conseguimos ver o que acontece”;

<sup>15</sup> [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab)



“Porque a manipulação virtual ajudou na visualização da teoria”; “Pela oportunidade de explorar”.

Ao final foi feita a pergunta sobre se o licenciando usaria uma simulação para explicar conceitos científicos (no caso de existir a possibilidade material), na eventualidade de, no futuro, ele ter que lecionar a disciplina de física. Dentre as respostas, destacamos os seguintes depoimentos: “Sim - Porque ajuda na visualização para os alunos do conceito”; “Sim - Para tornar as aulas mais atrativas”; “Sim - Pela manipulação livre e a presença da realidade concreta”; “Sim - Os alunos conseguem ver o conceito e seria um suporte para a aula”; “Sim - Porque elas facilitam a compreensão da teoria”.

## 5. Considerações finais

Com base nas respostas obtidas por meio das entrevistas realizadas e dos questionários aplicados, foi possível perceber que as simulações computacionais, utilizadas em sala de aula e realizadas a partir da aplicação de roteiros didáticos elaborados previamente, ajudaram a tornar as aulas de física mais produtivas, superando algumas das limitações da aula tradicional, em que o professor tenta, por meio de ilustrações estáticas na lousa, representar certos fenômenos físicos que muitas vezes são complexos, abstratos e, em alguns casos, microscópicos, e que se encontram, portanto, fora do contexto material usual da vida da maioria dos estudantes. Segundo os depoimentos fornecidos pelos alunos, as simulações ajudaram principalmente na compreensão e na visualização dos conceitos físicos envolvidos, estimulando, dessa forma, a imaginação acerca dos fenômenos físicos abordados.

As entrevistas e os questionários aplicados ajudaram a perceber também, que as novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) não são a solução para todos os problemas, mas que representam uma ferramenta didática com um bom potencial para serem usadas pelos professores de física em suas aulas: como quaisquer outras ferramentas didáticas, essas também exigem planejamento e disciplina, pois se usadas de maneira imprudente e sem objetivos claros, podem acabar atrapalhando e gerando confusões. Em particular, notou-se que o uso de roteiros elaborados previamente para estas atividades colaborou significativamente para o processo de aprendizagem da física envolvida.

Uma dificuldade encontrada foi referente ao tempo destinado previamente para a apresentação dos conceitos e princípios de física envolvidos. Outra dificuldade foi o tempo dedicado ao uso de cada simulação. A solução encontrada de modo satisfatório foi encontrar um equilíbrio entre estas duas etapas do processo de ensino-aprendizagem: apresentação dos aspectos teóricos acerca de um dado fenômeno físico e aplicação dos conceitos aprendidos em situações práticas, aplicação esta viabilizada pelo uso das simulações do PhET. Um outro dilema encontrado, foi quando usar uma só simulação projetada na tela da sala de aula, a partir do computador da mesa do professor, e quando usar um “laboratório de computadores” em que cada aluno tenha acesso a um computador específico de modo individual e possa investigar as características de uma dada simulação por si mesmo. As duas abordagens produziram bons resultados e elas podem ser alternadas de acordo com as características do roteiro planejado e na medida em que se tenha acesso ou não a uma sala com muitos computadores.



## Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP pelo fomento concedido.

## Referências

- Almeida, E. B. & Moran, J. M (2005). *Integração das Tecnologias na Educação*. Brasília: Ministério da Educação, Seed.
- Anjos, A. J. S. (2008). As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: a simulação computacional na educação em física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25 (3), 569-600.
- Araujo, I. S. & Veit, E. A. (2004). Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (3), 5-18.
- Araujo, I. S. (2005). *Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral*. Porto Alegre: Tese de Doutorado (UFRGS).
- Bianchetti, L. & Ferreira, S. de L (2005). *As tecnologias de informação e de comunicação e as possibilidades de interatividade para a educação*. In: Pretto, N. de L. (Org.). *Tecnologia e novas educações*. Salvador: EDUFBA.
- Bittencourt, P. A. S. & Albino, J. P. (2017). O uso das tecnologias digitais na educação do século XXI. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 12(1), 205–214.
- Córdova, R. S. et al. (1992). Simulación computacional de experiencias de Física Moderna. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 9 (2), 147-151.
- Cox, K. K. (2003). *Informática na Educação Escolar*. Campinas, SP: Autores Associados.
- Duarte, S. E. (2012). Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29 (especial), 525-542.
- Freire, P. (1979). *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Galvão, J. F. D. B. (2004). *Uma abordagem sobre o desenvolvimento de atividades pedagógicas utilizando a ferramenta Macromedia Flash MX*. Florianópolis: Dissertação de Mestrado (UFSC).
- Greis, L. K. (2012). *Mundos virtuais na educação: a interatividade em simulações de fenômenos físicos*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado (UFRGS).
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2003). *Fundamentos de Física 3 - Eletromagnetismo*. Rio de Janeiro: LTC.
- Heinick, R., Valiati, E. R. A. & Rosa, C. T. W. (2007). Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 (6).
- Hülsendeger, M. J. V. C. (2007). A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. *Revista Ensaio*, 9(2), p. 222-237.
- Melo, A. C. S. (2010). *Transposição didática do modelo de Huygens: uma proposta para a física escolar*. Florianópolis: Tese de Doutorado (UFSC).



- Medeiros, A. & Medeiros, C. F. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24 (2).
- Sagan, C. (2006). *O Mundo Assombrado Pelos Demônios*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Santos, G., Otero, M. R. & Fanaro, M. de los A. (2000). ¿Como Usar Software de Simulación en Clases de Física? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 17 (1), 50-66.