

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA
CURSO DE FÍSICA

LORENA BARBOSA RODRIGUES

**SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO
SOFTWARES DE SIMULAÇÃO**

Uberlândia – MG
2013

LORENA BARBOSA RODRIGUES

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO SOFTWARES DE SIMULAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Física da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial à obtenção
do grau de licenciada em Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elise Barbosa Mendes

Aluna: Lorena Barbosa Rodrigues

Uberlândia – MG
2013

Lorena Barbosa Rodrigues

Solução de problemas no ensino de Física utilizando softwares de simulação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do grau de licenciada em Física.

Uberlândia, 27 de setembro de 2013.

Banca examinadora:

Profª. Dra. Elise Barbosa Mendes
(Orientadora – UFU)

Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi
(Examinador – UFU)

Prof. Dr. José Roberto Tozoni
(Examinador – UFU)

Uberlândia- MG
2013

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Maria, que de uma forma única e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldade e incentivando os meus estudos.

Ao meu filho Cauê, cuja existência me motiva a encarar novos desafios e cujo sorriso ilumina de maneira especial a minha vida.

Aos meus irmãos Bruno, Mônica e Ana Vitória pelos momentos juntos, pelo apoio, carinho e palavras de conforto.

À Dra. Elise Barbosa Mendes, minha orientadora, por acreditar no meu objeto de pesquisa. E acima de tudo pela amizade e paciência nessa jornada juntas.

Aos meus professores, responsáveis pela minha formação acadêmica. Em especial aos Professores Dr. Eduardo Kojy Takahashi e Dr. José Roberto Tozoni, cujas aulas inspiraram o objeto de estudo desse trabalho.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram.

Enfim, a todos que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para que esse trabalho se concretizasse.

SUMÁRIO

RESUMO	1
CAPÍTULO 1	2
INTRODUÇÃO.....	2
Justificativa.....	4
Objetivo Geral	5
Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO 2	6
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1. Diretrizes para Aprendizagem de Soluções de Problemas no Ensino de Física no Brasil ..	6
2.2. A competência de Solução de Problemas e a Técnica de Polya.....	7
2.3. Simulação Computacional de Fenômenos Físicos: o sítio <i>Physics Education Technology</i> : PhET	9
CAPÍTULO 3	15
METODOLOGIA.....	15
Análise das Simulações para a Solução de Problemas de Física.....	16
3.1. Primeira Simulação: Forças e Movimento	16
3.1.1. Colaboração dos professores	17
3.1.2. Análise do problema proposto	17
3.1.3. Análise do problema com o uso da simulação	18
3.2. Segunda Simulação: <i>Energy Skate Park: Basics</i>	22
3.2.1. Colaboração dos professores	23
3.2.2. Análise do problema proposto	23
3.2.3. Análise do problema usando a simulação.....	24
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO.....	33
BIBLIOGRAFIA	34

RESUMO

O presente trabalho é uma análise de como as simulações computacionais de fenômenos físicos podem ser utilizadas em sala de aula aliadas à Técnica de Polya para solução de problemas. Para tanto, apresenta-se duas simulações de fenômenos físicos do site PhET e dois roteiros de estudos e aplicação elaborados por professores colaboradores do site, para analisar como esses roteiros podem auxiliar os alunos a aplicar os 4 passos propostos por Polya para a solução de problemas de uma forma intuitiva e que os induza ao conhecimento complexo.

Palavras chaves: Ensino de Física. Simulações Computacionais. PhET Colorado. Técnica de Polya.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A era da tecnologia digital induz a criação de novos espaços de conhecimento e mudanças significativas nos processos de ensino e aprendizagem. Dentre essas mudanças destacam-se não somente o desenvolvimento de metodologias de ensino que estimulem o pensamento complexo, como também a criação de novos materiais didáticos, em especial a produção e aplicação de objetos de aprendizagem digitais. Sendo assim, a inclusão de materiais didáticos digitais de acordo com essa nova era são imprescindíveis para novas possibilidades de ensino, além do quadro negro e giz.

Nesse contexto, surgem os materiais apoiados na informática que são utilizados em sala de aula com o intuito de atrair o interesse do discente para o assunto abordado, que nesse caso trata-se do ensino de Física. Por ser uma matéria muitas vezes considerada pelos discentes como complexa para ser aprendida, torna-se difícil demonstrar e retratar aos alunos a importância da mesma, portanto, o uso de softwares de simulação auxilia o professor a ensinar o conteúdo de uma forma mais simples e próxima ao cotidiano dos estudantes.

Bransford (2000, p. 30), afirma que no processo de aprendizagem, o importante é ajudar as pessoas a assumirem o controle da sua própria aprendizagem, devendo aprender a identificar quando entendem e quando precisam de mais informações. Sendo assim, as simulações podem auxiliar os alunos a fazer essa ligação entre aprendizagem e entendimento, pois possibilita a experimentação com objetos virtuais e coordenação dessas ações reagindo às respostas das simulações. Dessa forma, os modelos de simulação para o ensino estão de acordo com os princípios modernos de aprendizagem pela experiência, bem como podem contribuir na aprendizagem por recepção ao possibilitar a visualização por exemplificação do que foi ensinado via teorias e equações matemáticas.

A linguagem de fácil entendimento e a proximidade dos alunos com esse tipo de material justifica a sua utilização em sala de aula, permitindo a realização de debates sobre os assuntos abordados nas simulações, conduzindo-os a uma análise crítica. Assim, a aula se torna menos entediante e deixa de ser uma cópia para se tornar um debate e pesquisa.

Existem vários sites com simulações computacionais de conteúdos de Física, entretanto esse trabalho selecionou o site PhET Colorado¹, da Universidade do Colorado devido ao fato de contar com simulações de simples manuseio e que independem da internet para serem utilizadas, pois estão disponíveis, na língua portuguesa, para download no próprio site. Além disso, os colaboradores do PhET disponibilizam material didático de apoio aos professores, o que contribui para a colaboração entre pares, visto que os professores tem acesso a materiais enviados por outros profissionais da área, como tutoriais das simulações e como utilizá-los em sala de aula.

O site PhET oferece gratuitamente simulações de fenômenos físicos divertidas, interativas e baseadas em pesquisa. Os colaboradores do projeto afirmam que a abordagem criada por eles com base em pesquisa incorpora descobertas de pesquisas prévias e testes próprios, que habilitam os alunos a fazerem conexões entre os fenômenos da vida real e a ciência básica, aprofundando a sua compreensão e apreciação do mundo físico.² Essas ferramentas interativas permitem aos usuários manipular e controlar os experimentos, permitindo uma visualização dos conteúdos e conceitos que são ensinados em sala de aula. Temos, portanto, uma junção da teoria com o contexto no qual o aluno está inserido.

Entretanto, apenas utilizar a simulação em sala de aula não garante que o aluno aprenda o conteúdo de uma forma significativa. Por isso a importância do material de apoio a ser utilizado juntamente com os softwares. É preciso que os alunos sejam levados a questionar e fazer uma ligação entre o que é simulado nos programas e o que é aprendido em sala de aula. Para tanto, os professores devem utilizar situações problemas que possam ser simuladas, estimulando o aluno a desenvolver a competência de solucionar problemas, ao invés de apenas resolver exercícios repetitivos.

Nesse sentido, a técnica de Polya para solução de problemas pode ser utilizada aliada ao uso da simulação, no sentido de fazer com que o aluno compreenda o problema, crie estratégias para resolvê-lo e seja capaz de analisar se o resultado encontrado é compatível com o esperado.

¹ Acesso em http://phet.colorado.edu/pt_BR/

² Informações retiradas do site PhET, disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/about.

Justificativa

O ensino de Física nas escolas não é uma tarefa fácil. Isso porque o ensino de Física envolve vários conceitos e teorias que muitas vezes são demonstrados apenas em formulações matemáticas, dificultando o entendimento por parte dos alunos, porque são abstratos e eles não conseguem compreender o significado físico dos mesmos. Além disso, muitas situações explicadas pelas teorias físicas são modelos ideais, dificilmente transpostos na forma de experimentos, cuja visualização favorece o entendimento.

Mas a maneira de ensinar os conceitos de Física está mudando no Brasil, principalmente após a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002). Espera-se que o aluno consiga compreender os conceitos físicos comparando-os com situações cotidianas, ao invés de focar nas formulações matemáticas. Sendo assim, é necessário modificar também a maneira de ensinar o conteúdo e a tecnologia da informática faz-se útil para tal fim.

Como vivemos na era da tecnologia, encontramos na *Web* diversos softwares de simulação de fenômenos físicos que podem auxiliar os alunos no entendimento do conteúdo. Fazer uso desses softwares em sala de aula é um artifício válido, porque aproxima o ambiente escolar da realidade dos estudantes, que, na maioria das vezes, dominam o uso do computador. Entretanto, não é possível simplesmente usar da tecnologia no ensino sem antes verificar como o conteúdo será apresentado e qual a sua validade para a aprendizagem dos alunos. É necessário um planejamento, como esse artifício deve ser incluído em sala de aula para complementar o ensino. Diante disso, os simuladores podem ser utilizados não apenas para demonstrar os conceitos de Física, mas também como integrante do processo ensino-aprendizagem em processos cognitivos complexos como a Solução de Problemas em Física.

Bransford (2000, p. 3) afirma que o foco da aprendizagem está mudando, fazendo com que ocorram as mudanças no projeto do currículo, no ensino e na avaliação. Os professores devem se adequar à nova realidade das escolas e buscar novas maneiras de expor o conteúdo e o uso do computador, que é um atrativo para os alunos, auxilia a concretizar essa nova proposta. Isso porque utilizar a tecnologia e os jogos contextualizados em sala de aula permite, devido ao maior grau de interatividade, a criação de ambientes favoráveis à aprendizagem pela descoberta, a obtenção de *feedback* imediato e individualizado e o consequente refinamento do conhecimento.

Segundo o mesmo autor, a tecnologia pode atribuir aos currículos escolares uma vertente mais interessante pela possibilidade de exploração de problemas, fornecendo aos alunos e aos professores mais oportunidades de *feedback*, reflexão e revisão. Sendo assim, o aluno deixa de apenas resolver exercícios de memorização e passa a resolver problemas, que induzem ao conhecimento complexo.

Objetivo Geral

Esse estudo tem por objetivo analisar duas simulações computacionais de Fenômenos Físicos do site PhET e a possível integração dessas tecnologias com a técnica de Polya, com o intuito de inferir sobre a criação de metodologias de ensino que apliquem simulações computacionais e estimulem a solução de problemas em Física.

Objetivos Específicos

1. Inferir sobre as mudanças necessárias no ensino de Física no Brasil e sobre a importância da competência de solução de problemas para a qualificação da aprendizagem de fenômenos físicos. .
2. Estudar a teoria de solução de problemas e a técnica de Polya e verificar sua validade nos problemas envolvendo a aprendizagem de conceitos físicos.
3. Descrever o site PhET Colorado; como foi criado e como os professores utilizam e aplicam os softwares.
4. Analisar a integração dessas simulações com a técnica de Polya e inferir sobre a possibilidade de criar estratégias e procedimentos de ensino que estimulem a solução de problemas na aprendizagem de fenômenos físicos.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo 2 está dividido em três tópicos: Diretrizes para Aprendizagem de Soluções de Problemas no Ensino de Física no Brasil, Solução de Problemas e a Técnica de Polya e Simulações Computacionais na Aprendizagem.

O primeiro tópico aborda os Parâmetros Curriculares Nacionais e a disciplina de Física, juntamente com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino médio, relatando a nova proposta de ensino que os mesmos apresentam.

No segundo tópico, são abordados os conceitos de Solução de Problemas no ensino de Física e sua importância; como também a metodologia dos quatro passos para solução de problemas propostos pelo matemático Polya, adaptando-os ao ensino de Física.

O terceiro tópico discorre sobre o uso de simulações computacionais no ensino de Física e sua importância para estimular o pensamento complexo.

2.1. Diretrizes para Aprendizagem de Soluções de Problemas no Ensino de Física no Brasil

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2002), a prática administrativa e pedagógica dos sistemas de ensino deve abranger a estética da sensibilidade que deve substituir a de padronização, estimular a criatividade, o espírito inventivo, a curiosidade pelo inusitado, desenvolver a capacidade de autonomia intelectual e do pensamento crítico, adotar metodologias de ensino diversificadas, que estimulem a reconstrução do conhecimento e mobilizem o raciocínio, a experimentação, a solução de problemas. O ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir.

De acordo com os PCN, é necessário redirecionar o ensino da Física, reestabelecendo seus objetivos enquanto disciplina escolar. Para isso, deve-se conferir ao ensino de Física novas dimensões e não apenas elaborar novas listas de conteúdo. Porém sabemos que não existem “receitas” ou modelos que garantam o êxito no processo de ensino, devendo os educadores de Física estabelecer metodologias de ensino que atinjam e satisfaçam todo o

processo educativo dentro das realidades escolar e social dos alunos. Além disso, na sala de aula, os alunos têm acesso a situações físicas que o professor coloca, as informações que ele disponibiliza, as atividades que propõe enfim, quando em sala de aula é o professor quem medeia esse processo de mobilização do conhecimento e faz o monitoramento da apropriação a ser feita pelos alunos, incentivando, corrigindo, propondo, marcando o ritmo.

As pesquisas da aprendizagem indicam que existem novas maneiras de apresentar as matérias tradicionais para os estudantes, como matemática, ciências, história e literatura, e que essas novas abordagens tornam possível o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda do assunto relevante para a maioria das pessoas. A emergente ciência da aprendizagem enfatiza a importância de repensar o que é ensinado, a maneira de ensinar e a maneira de avaliar a aprendizagem.

Nesse processo de repensar o ensino, os PCN reforçam o que se acabou de expor afirmando que:

“A aquisição do conhecimento, mais do que a simples memorização, pressupõe habilidades cognitivas lógico-empíricas e lógico-formais. Alunos com diferentes histórias de vida podem desenvolver e apresentar diferentes leituras ou perfis conceituais sobre fatos físicos, que poderão interferir nas habilidades cognitivas. O aprendizado deve ser conduzido levando-se em conta essas diferenças.” (PCN, 2002, p. 32)

As escolas falham em suas tarefas de desenvolver a capacidade de discriminação crítica e a habilidade de raciocinar. É preciso desenvolver metodologias de ensino em que a organização intelectual possa ser solucionada com base na experiência, utilizando fatos cotidianos e ligados ao convívio social do aluno.

2.2. A competência de Solução de Problemas e a Técnica de Polya

Solucionar problemas é essencial para o aluno demonstrar a transferência do conhecimento adquirido e estimular o pensamento complexo. Um problema é uma situação aberta e sugestiva, e para resolvê-lo o estudante deve ter atitude e conhecimento suficiente do conteúdo (Pozo, 1998, p. 9).

Segundo Pozo (1998, p.9), “Diante de um ensino baseado na transmissão de conhecimentos, a solução de problemas pode constituir não somente um conteúdo educacional, mas também, e principalmente, um enfoque ou uma forma de conceber as

atividades educacionais.”. Para o autor, a solução de problemas deve propiciar ao aluno a busca do seu próprio conhecimento, através de conhecimentos prévios obtidos em sala de aula e/ou no convívio do aluno.

Resolver problemas é algo complexo, porém necessário no processo ensino e aprendizagem, pois garante a efetividade do mesmo. A solução de problemas exige procedimentos, aplicação, verificação de resultados, o que diferencia da forma tradicional de resolver exercícios. O aluno é levado a pensar, questionar e fazer uso dos seus conhecimentos prévios, estimulando sua cognição. Além disso, os conceitos envolvidos em um problema são mais importantes que os procedimentos utilizados para resolvê-lo, ou seja, a base teórica é essencial para solucioná-los.

Pozo (1998) afirma ainda que é possível ensinar os alunos a resolverem problemas, mas não existe uma “receita” pronta. Além de criar estratégias e habilidades eficazes, é necessário também fazer com que os alunos criem o hábito de trabalhar com a solução de problemas, ao invés de trabalhar apenas com a resolução de exercícios.

Polya propõe uma série de passos na solução de problemas, baseado em observações que ele fez como professor de matemática, que não se limitam à didática de seu campo específico de trabalho. Sendo assim, podemos adaptar os 4 passos propostos para a solução de problemas envolvendo os conceitos físicos (Takahashi et. al, 2007):

- 1. Compreensão do Problema** – nessa etapa inicial, os alunos devem buscar compreender o que está sendo informado no problema. Para tanto, o aluno deve refletir sobre algumas questões, tais como: Quais os conceitos físicos envolvidos? Algum dado ou conceito físico informado é desconhecido? Quais os dados fornecidos? Qual é a incógnita? Os dados fornecidos são suficientes para resolver o problema? Diante de todos esses questionamentos o aluno também deve reescrever o problema com as suas próprias palavras, garantindo assim a entendimento do mesmo.
- 2. Estabelecimento de um plano** – nessa etapa o aluno deve buscar uma maneira de resolver o problema, utilizando seus conhecimentos teóricos aliados aos conhecimentos matemáticos. Sendo assim, podem-se fazer algumas perguntas como orientação: Que etapas devem ser seguidas para solucionar o problema? Que considerações e hipóteses são necessárias para resolvê-lo?
- 3. Execução do Plano** – após estabelecer “como” resolver o problema, o aluno deve aplicar o plano estabelecido. Nessa etapa, o aluno deve atentar ao uso devido das fórmulas

matemáticas (uso correto das unidades das grandezas físicas) e sua coerência com os conceitos físicos.

4. **Retrospecto** – como última etapa, o aluno deve analisar se o resultado encontrado é consistente com o esperado. Caso o resultado seja diferente do esperado, perguntar-se o porquê de tal resultado discrepante. Além disso, o aluno deve ser capaz de verificar a aplicação de tal resultado, se o mesmo pode ser utilizado em outra situação. E se tal problema poderia ser resolvido de outra maneira: o plano escolhido foi o melhor? De que outra forma poderia ser resolvido?

Mas, como aplicar esse método de Polya em sala de aula? Como fazer o aluno se interessar pelo conteúdo de tal maneira que o faça buscar sua própria aprendizagem e aprender a resolver problemas?

A Física ainda hoje é ensinada como um produto acabado, ou seja, todo o conhecimento possível já foi adquirido. Faz-se uso de exercícios que exigem apenas a memorização de equações matemáticas, perdendo-se o sentido físico da situação envolvida.

No entanto, a Física está intimamente ligada ao cotidiano do aluno e não se podem descartar as diversas maneiras que essa disciplina pode ser inserida no currículo escolar. É necessário que os alunos aprendam a interpretar os fenômenos físicos, identificar os conceitos envolvidos em processos físicos antes de apenas encontrar resultados numéricos.

2.3. Simulação Computacional de Fenômenos Físicos: o sítio *Physics Education Technology*: PhET

No início do século XX, a aprendizagem era focalizada na aquisição de letramento, leitura, escrita e cálculos básicos. As escolas não se preocupavam em desenvolver o pensamento e o senso crítico dos alunos, nem ao menos os preparava para se comunicar claramente, com base em conhecimento científico (Bransford, 2000).

Atualmente temos acesso a uma grande quantidade de informação e o conhecimento científico acarretou mudanças consideráveis na maneira como os alunos pensam. Sendo assim, o raciocínio científico influencia diretamente nas competências e habilidades dos alunos ao responder questões dos mais variados conteúdos.

O significado de “saber” mudou, como observa Bransford (2000, p. 5, tradução nossa) referindo-se a afirmação do prêmio Nobel Herbert Simon, “em vez de ser capaz de lembrar e repetir informações, a pessoa deve ser capaz de encontrá-las e usá-las.”.

No intuito de realizar tais mudanças no processo de ensino, novos métodos de ensino são inseridos, buscando a proximidade com o cotidiano do aluno. Sendo assim, o uso de computadores e soluções tecnológicas tem sido implantadas em sala de aula. Especificamente no ensino de Física, o uso de simulações computacionais tem se tornado uma opção para tornar visíveis os fenômenos físicos aprendidos em sala de aula.

Bransford (2000, p. 14-18) descreve uma investigação a respeito do processo ensino-aprendizagem e da relação professores-estudantes:

1. Os estudantes têm conhecimentos sobre o funcionamento do mundo, os quais podem ser adequados ou não. Se isto não for considerado, muitos dos conceitos e das informações ensinados não serão compreendidos. O professor precisa conhecê-los e ajudar os estudantes a reelaborá-los;
2. O estudante para desenvolver a competência numa área de conhecimento necessita: i) sólida base conceitual; ii) entender fatos e ideias no contexto do arcabouço conceitual; e iii) organizar o conhecimento para facilitar a recuperação e a aplicação;
3. A abordagem “metacognitiva” ajuda os estudantes a assumir a própria aprendizagem, definindo objetivos e monitorando-a. A verbalização (diálogo interior e exterior) é fundamental.

De acordo com essas características dos alunos que norteiam o processo de ensino, Bransford (2000, p. 19-21) lista quais serão as consequências para a ação docente:

1. O professor precisa conhecer os conceitos dos estudantes (avaliação diagnóstica e formativa) e trabalhar a partir deles;
2. O professor deve ensinar com profundidade, utilizando vários exemplos em que o conceito está em ação;
3. O ensino de habilidades metacognitivas deve contemplar todo o currículo.

Portanto, o processo de ensino não deve ser apenas um meio de transferência de conhecimento. Antes mesmo de apresentar o conteúdo o professor deve saber se os alunos estão preparados cognitivamente para receber as informações que lhes serão transmitidas.

Diante dessas características do processo de ensino, Bransford (2000), defende o uso da tecnologia na educação. O autor afirma que as tecnologias baseadas em computador são uma grande promessa, pois além de viabilizar acesso fácil ao conhecimento, também é um meio de promover a aprendizagem. As tecnologias da informação são capazes de capturar a imaginação do público e centralizar e organizar o conhecimento, permitindo, inclusive, a ligação de estudantes de todo o mundo em comunidades de alunos.

O uso de novas tecnologias em sala de aula como recurso educacional constitui um ambiente social, mediada pelos diálogos que os alunos têm entre si e com o professor. Por isso seu uso influencia diretamente na maneira como os alunos aprendem, visto que a linguagem utilizada é de fácil entendimento.

Entretanto, os softwares educacionais precisam ser desenvolvidos e implementados de acordo com os propósitos do ensino. Bransford (2000, p.246) afirma que novos problemas surgem quando se considera como educar os professores a utilizar as novas tecnologias de forma eficaz. Os professores precisam ser treinados, devem saber lidar com as novas tecnologias e traçar estratégias de como aplicá-las em sala de aula.

Wieman (2008) afirma que uma simulação bem concebida concentra a atenção do aluno sobre os conceitos científicos básicos. Quando algo inesperado acontece, o aluno questiona sua compreensão e as mudanças de parâmetros na simulação para explorar e melhorar a sua compreensão se aproxima das decisões tomadas por um cientista que trabalha com um experimento.

Existem vários sites, inclusive brasileiros, que fornecem esse material de ensino gratuitamente a professores e alunos. Entretanto, para esse trabalho utilizou-se o site do programa PhET - *Physics Education Technology*³ - Colorado, onde estão disponíveis mais de 90 simulações de fenômenos físicos, além de simulações de conteúdos de outras disciplinas, como Biologia e Matemática.

Carl Wieman, Nobel de Física de 2001, e sua equipe lançaram, em 2004, o PhET. A missão do programa é promover a alfabetização científica e educação em todo o mundo através de simulações interativas livres⁴.

O site possui simulações interativas para o ensino e aprendizagem das ciências e matemática, baseados na formação recente de investigação e testados com os alunos. Segundo

³ Tecnologia no Ensino de Física (tradução)

⁴ Informações retiradas do sítio: http://phet.colorado.edu/pt_BR/media/tech-award-2011.

dados de 2011, as simulações já foram utilizadas mais de 50 milhões de vezes desde 2004 - como laboratórios, trabalhos de casa, recursos visuais, atividades em grupo, demonstrações, etc. em mais de 200 países. O programa conta com o apoio financeiro de empresas, fundações e universidades e também com doações de usuários. O programa conta com simulações disponíveis em 64 idiomas, com apoio de cientistas e professores voluntários em todo o mundo. Além disso, foram publicados mais de 30 artigos e trabalhos de pesquisa por parte da equipe, demonstrando projetos das simulações baseadas em pesquisas, a flexibilidade na utilização de sala de aula e eficácia no ensino de ciências.

As simulações PhET estão disponíveis gratuitamente em seu site e são fáceis de usar e incorporar na sala de aula. Elas são escritas em Java e Flash, e podem ser executadas usando um navegador web qualquer, desde que Flash e Java estejam instalados.

O site depende de tradutores colaboradores e apesar de quase todo o site já ter sido traduzido para mais de 18 idiomas (inclusive o português), as atividades enviadas pelos professores estão disponíveis apenas na língua inglesa. Portanto, para efeito desse trabalho, as atividades utilizadas são de tradução nossa.

Além de fornecer acesso à simulação, o site ainda oferece um guia para o professor, ressaltando os conceitos que podem ser trabalhados e os resultados esperados. E os professores que utilizam as simulações podem enviar ideias (sujeitas à análise da equipe) de como utilizá-las em sala de aula.

O apoio aos professores é uma preocupação dos colaboradores do projeto, que deixam bem claro que os objetivos dos programas são auxiliar o aluno a buscar seu próprio conhecimento e desenvolver o senso crítico de cada um. Sendo assim, fazem sugestões de como utilizar as atividades em sala de aula:

1. Definir objetivos de aprendizagem específicos

Os objetivos de aprendizagem devem ser específicos e mensuráveis.

2. Incentivar o aluno a entender o sentido e a usar o raciocínio

O que eles podem descobrir sobre a física? Quais as conexões que eles encontram? Como isso faz sentido? Como eles explicam o que eles descobriram?

3. Conectar e construir sobre os conhecimentos e compreensão prévia dos alunos (ensinar a partir do que o aluno já sabe)

Faça perguntas para obter as suas ideias. Oriente os estudantes a usarem as simulações para testar as suas ideias e confirmá-las ou refutar eventuais equívocos. Proporcione meios para que eles desenvolvam a compreensão.

4. Criar sentido e fazer ligações com experiências do mundo real

Os alunos aprenderão mais se eles puderem ver que o conhecimento é relevante para sua vida cotidiana. As simulações usam imagens da vida cotidiana, mas a lição deve explicitamente ajudá-los a respeito de suas vidas.

5. As atividades de projeto colaborativo

As simulações oferecem uma linguagem comum para que os alunos construam sua compreensão juntos. Mais aprendizagem acontece quando eles comunicam entre si, suas ideias e raciocínio.

6. Dar apenas indicações mínimas sobre o uso da simulação

As simulações são projetadas e testadas para incentivar os alunos a explorar e entender o significado. Abordagens do tipo receita podem suprimir o pensamento ativo.

7. Exigir raciocínio/tomada de sentido em palavras e diagramas

As simulações são projetadas para ajudar os alunos a desenvolver e testar a sua compreensão e raciocínio sobre as coisas. As aulas são mais eficazes quando os alunos são convidados a explicar o seu raciocínio em uma variedade de maneiras.

8. Ajudar os alunos a monitorar a sua compreensão

Proporcione ao estudante oportunidades para verificar a sua própria compreensão. Uma forma é pedir-lhe para prever algo com base em seus novos conhecimentos e, em seguida, verificar a previsão com a simulação.

Os documentos enviados por professores e colaboradores do site são analisados seguindo os critérios enunciados acima e quando atingem esses objetivos propostos, recebem

uma Estrela Dourada da equipe. Essas são atividades de alta qualidade, consideradas úteis por professores para promover o ensino de forma conceitual e contextualizada.

McKagan (2008) retrata sua experiência em sala de aula utilizando uma simulação do PhET e assinala os motivos pelos quais a escolheu:

1. Visualização – os alunos podem visualizar os fenômenos físicos apresentados formalmente em sala de aula. Enxergar o que não pode (muitas vezes) ser visto a olho nu faz com que o aluno consiga compreender melhor.
2. Interatividade – todas as simulações podem ser manipuladas pelos usuários, possibilitando uma gama de situações idealizadas em sala de aula.
3. Contexto – as simulações permitem fazer a ponte entre os conteúdos e o mundo real, contextualizando fenômenos e teorias na prática.
4. Fazer uso da computação – mesmo buscando uma maior aproximação da teoria com a experimentação, a Física ainda possui a Matemática como aliada; e para isso as simulações são capazes de efetuar cálculos rápidos e precisos.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

O capítulo 3 relata a integração das simulações computacionais com os roteiros de ensino, que seguem as diretrizes do site, e a técnica de Polya, com o objetivo de analisar como essas simulações podem contribuir no processo ensino e aprendizagem de soluções de problemas em Física. Para a realização desse trabalho, foram analisadas duas simulações voltadas para o ensino da Mecânica, visto que esse conteúdo é o primeiro contato dos alunos com a disciplina de Física, e, portanto, é interessante buscar maneiras dos mesmos já se interessarem desde o início pelo assunto e perceberem como os conceitos e fenômenos envolvidos podem ser relacionados com o cotidiano.

Foram escolhidos os roteiros de aulas com o uso das simulações enviados por professores que receberam a Estrela Dourada da equipe PhET, e foram integrados nesses roteiros os 4 passos para solução de problemas segundo Polya, com o intuito de analisar a validade dessas simulações no processo ensino e aprendizagem de soluções de problemas em Física. É importante salientar que os passos de Polya são apenas uma direção para a solução de problemas – uma ideia de como resolvê-los. Os passos para solucionar os problemas são apenas ideias de aplicação, e não um roteiro, ou uma “receita” a ser seguida. Dessa forma, serão analisados como esses roteiros podem estimular os passos da metodologia de Polya para a solução de problemas de forma intuitiva e não como um treinamento de passos a serem seguidos.

ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FÍSICA

3.1. Primeira Simulação: Forças e Movimento

A primeira simulação analisada é intitulada “Forças e Movimento”. A Figura 1 ilustra a tela inicial do software.

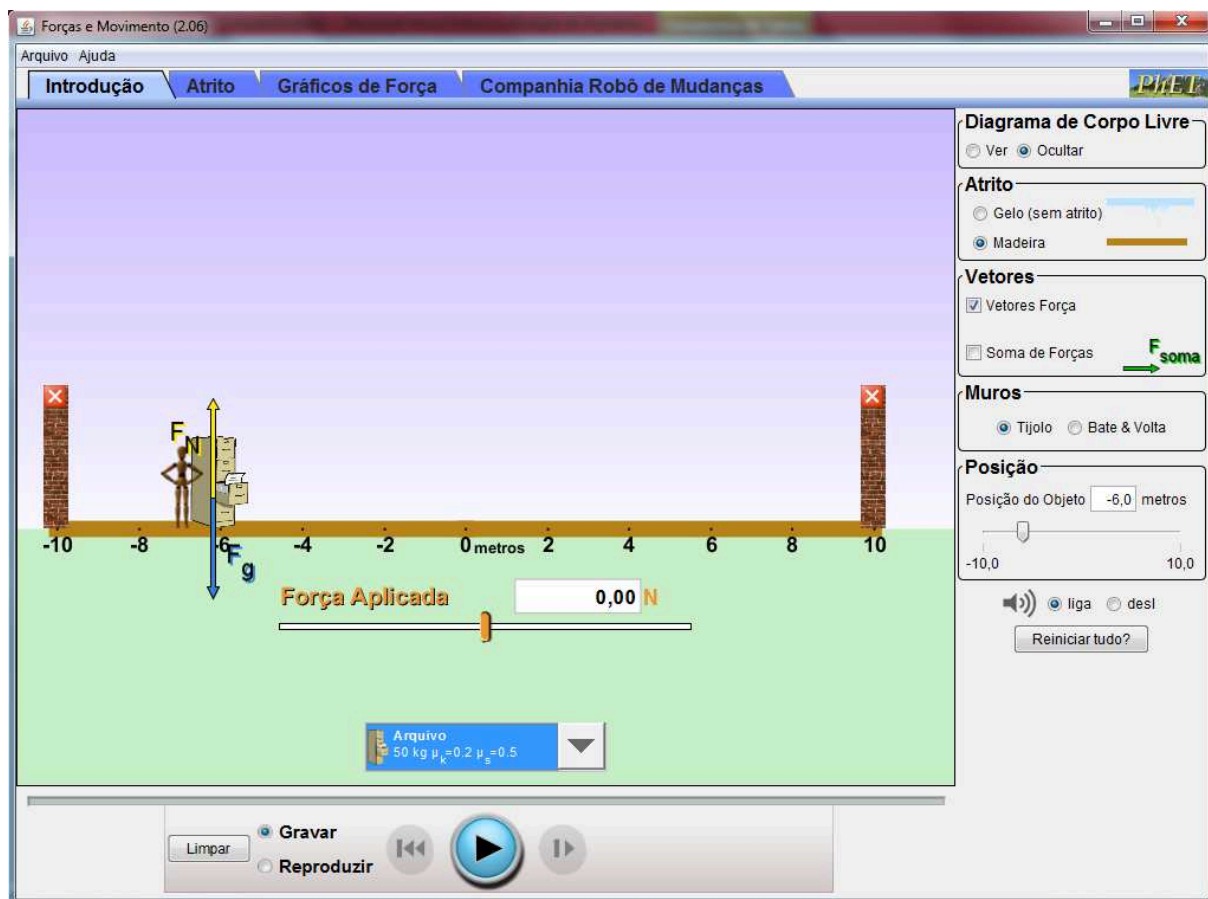


Figura 1: Tela inicial da simulação Forças e Movimento.

Os recursos de ensino referentes à simulação “Forças e Movimento”, segundo os professores colaboradores do PhET são:

Tópicos Principais

- Força
- Posição
- Velocidade
- Aceleração

Alguns Objetivos de Aprendizagem

- Prever, qualitativamente, como uma força externa afetará a velocidade e direção do movimento de um objeto.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Explicar os efeitos com a ajuda de um diagrama de corpo livre.• Utilizar diagramas de corpo livre para desenhar a posição, velocidade, aceleração e gráficos de força e vice-versa.• Explicar como os gráficos se relacionam entre si.• Com base em um cenário ou um gráfico, esboçar todos os quatro gráficos. |
|--|

3.1.1. Colaboração dos professores

O roteiro utilizado é intitulado “*Check your understanding before Forces and Motion*”⁵ (disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/2828). O professor Trish Loeblein, que é colaborador do projeto, utilizou essa simulação em sala de aula e publicou seus roteiros. Os roteiros enviados possuem uma estrela dourada, por isso utilizaremos um de seus modelos para analisar sua efetividade em sala de aula segundo a Técnica de Solução de Problemas proposto por Polya.

3.1.2. Análise do problema proposto

Em primeiro lugar é preciso saber quais os conceitos que o aluno deve conhecer para realizar a atividade:

- Movimento uniforme e uniformemente variado;
- Força, força peso, força de normal, força de atrito (coeficiente de atrito) e força resultante;
- Diagramas de força;
- Equilíbrio estático e dinâmico;
- Leis de Newton.

A atividade proposta não exige cálculos, e sim inferências conceituais e teóricas sobre os fenômenos estudados. Pode-se observar também que o professor não “ensina” como utilizar a simulação, ou seja, faz parte da atividade que o aluno aprenda como alterar os dados no simulador para obter os resultados esperados. Não é dada a ele uma “receita”, justamente como foi proposto pela equipe PhET para se trabalhar com as simulações.

Utilizando os 4 passos propostos por Polya para a solução de problemas, podemos verificar a validade dessa atividade em sala de aula.

⁵ Verifique seu conhecimento perante Forças e Movimento (tradução nossa).

3.1.3. Análise do problema com o uso da simulação

O autor contextualiza uma situação, buscando aproximá-la da realidade ao criar uma história e disponibilizar imagens das situações propostas, facilitando a reprodução do fato no programa de simulação. Dessa forma, o autor introduz um cenário que o aluno possa imaginar e ao mesmo tempo simular essa situação.

A atividade está dividida em duas perguntas traduzidas abaixo:

Atividade - Verifique seu conhecimento perante Forças e Movimento

1. Joe acaba de ser promovido e está empurrando um armário no corredor para seu novo escritório. Ele começa a olhar para o gabinete de arquivo e considerar a melhor forma de realizar sua tarefa (cenário 1). Ele, então, começa a empurrar o gabinete de arquivo que, a princípio, não se move (cenário 2). Eventualmente, o gabinete de arquivo começa a deslizar pelo chão, movendo-se lentamente em direção a novo escritório de Joe.

a. Desenhe todas as forças que você acha que estão agindo no gabinete de arquivo em cada cena.

Cenário 1: Homem não está empurrando	Cenário 2: Homem empurrando mas o gabinete de arquivo não está se movendo	Cenário 3: Homem empurrando e o gabinete de arquivo se movendo para a direita
		

Pergunta 1 – letra A

Etapas de Polya

Compreensão do problema	Os conceitos físicos envolvidos nessa situação são as forças que atuam no gabinete. O aluno deve conhecer as forças peso, de normal, de atrito e resultante. Para esboçá-las ele deve saber as características de cada força (módulo, direção e sentido). Caso o aluno desconheça alguma dessas forças deve retornar à teoria.
Elaboração de um plano	Sabendo os conceitos envolvidos, o aluno deve analisar como pode resolver esse problema. Por exemplo, o objeto não se move na vertical, portanto podem existir duas situações: ou não existe nenhuma força atuando na vertical ou existem, mas

	a força resultante nessa direção é zero; ou seja, as forças atuantes na direção vertical estão se anulando. Mas o objeto consegue se mover na horizontal quando o homem empurra, portanto deve existir uma força responsável por esse movimento. Mas porque no cenário 2, mesmo o homem empurrando o objeto não se move? Provavelmente porque existe outra força atuando na direção oposta à força aplicada pelo homem, que impede seu movimento. E como representar essas forças? Utilizando a simulação, o aluno pode movimentar o personagem, visualizando a direção, o sentido e o módulo de cada uma das forças envolvidas.
Execução do plano	Após estabelecer “como” resolver o problema, o aluno deve aplicar o plano estabelecido. Movimentando o personagem, deve simular as três situações propostas, verificando quais forças estão atuando no gabinete em cada situação e fazendo com que o objeto passe a se movimentar.
Retrospecto	Como última etapa, o aluno deve analisar se o resultado encontrado é consistente com o esperado. Quais as forças que atuam no gabinete em cada situação proposta? Essas forças são conhecidas? Se as massas do personagem ou do gabinete forem alteradas, o que acontece com as forças envolvidas?

Tabela 1 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 1 – letra A.

b. Por que você acha que o gabinete de arquivo move na cena 3, mas não na cena 1 ou 2?

Pergunta 1 – Letra B	
Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Conhecendo as forças envolvidas nos cenários, é preciso agora conhecer os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, movimento uniforme, movimento uniformemente variado e as três Leis de Newton.
Elaboração de um plano	Provavelmente o aluno já terá visto exercícios semelhantes a esse em sala de aula, podendo comparar o fenômeno ocorrido com exemplos que já tenha trabalhado. Sabendo como as forças atuam em cada situação, o aluno deve recorrer às Leis de Newton para explicar o fenômeno.
Execução do plano	Reconhecido o problema, o aluno pode visualizar na simulação que no cenário 1 as forças que atuam no gabinete estão na vertical, por isso ele não se movimenta na horizontal. No cenário 2, o homem aplica uma força na horizontal, entretanto uma força menor que a força de atrito estática do gabinete, fazendo que o mesmo não se movimente. O objeto só passa a se movimentar no cenário 3 porque a força

	aplicada passa a ser maior que a força de atrito estática, fazendo com o que o mesmo acelere. Ou seja, a força resultante na horizontal passa a ser diferente de zero.
Retrospecto	O aluno pode verificar que a simulação fornece os valores da massa do gabinete, e dos coeficientes de atrito estático e cinético do mesmo. Sendo assim, pode validar sua resposta utilizando a 2ª Lei de Newton, demonstrando que o objeto só irá se movimentar quando a força aplicada no gabinete for maior que a força de atrito estática. Utilizando a simulação, pode verificar que depois que o gabinete inicia o movimento, mesmo aplicando uma força de menor intensidade o objeto continua se movendo, pois passa a atuar no objeto a força de atrito dinâmica, que é menor que a força de atrito estática.

Tabela 2 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 1 – letra B.

2. Quando Annette termina sua lição de casa física, ela fecha o livro e começa a empurrá-lo (cenário 1) sobre a mesa. O livro desacelera à medida que atravessa a mesa (cenário 2), até que, eventualmente, pára (cenário 3).

a. Desenhe todas as forças que você acha que estão agindo sobre o livro em cada cena.

Cenário 1: Annette empurrando o livro e o mesmo se movendo (para a direita)	Cenário 2: Livro se movendo (para a direita) sobre a mesa	Cenário 3: Livro pára seu movimento sobre a mesa
		

Pergunta 2 – letra A	
Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Os conceitos físicos envolvidos nessa situação são as forças que atuam no livro. O aluno deve conhecer as forças peso, normal, de atrito e resultante e as Leis de Newton. Para esboçá-las ele deve saber as características de cada força (módulo, direção e sentido). Caso o aluno desconheça alguma dessas forças deve retornar à teoria.
Elaboração de um plano	Sabendo os conceitos envolvidos, o aluno deve analisar como pode resolver esse problema. Por exemplo, o livro não se move na vertical, portanto podem existir duas situações: ou não existe nenhuma força atuando na vertical ou existem, mas a força resultante nessa direção é zero; ou seja, as forças atuantes na direção

	vertical estão se anulando. Mas o livro consegue se mover na horizontal quando Annette o empurra, portanto deve existir uma força responsável por esse movimento. Entretanto, o livro para no cenário 3. O que ocorreu para o livro parar? Simulando a situação, o aluno pode colocar o livro em movimento e acompanhar como as forças atuam no mesmo, e pode fazer uso do diagrama de forças para representá-las.
Execução do plano	Após estabelecer “como” resolver o problema, o aluno deve aplicar o plano estabelecido. Reconhecido o problema, o aluno deve simular a situação, selecionando o objeto pedido e colocando-o em movimento. As forças envolvidas aparecerão na tela da simulação, representando o diagrama de forças que é apresentado em sala de aula.
Retrospecto	Como última etapa, o aluno deve analisar se o resultado encontrado é consistente com o esperado. O que acontece com as forças que faz com que o livro pare de se movimentar depois de alguns instantes em que o mesmo perde o contato com a mão da personagem?

Tabela 3 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 2 – letra A.

- b. Por que você acha que o livro se move quando Annette empurra (cenário 1)?
- c. Por que você acha que o livro continua a se mover quando ela para de empurrá-lo (cenário 2)?
- d. Por que você acha que o livro finalmente pára de se mover (cenário 3)?

Pergunta 2 – letras B, C e D	
Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Conhecendo as forças envolvidas nos cenários, é preciso agora conhecer os conceitos de equilíbrio estático e dinâmico, movimento uniforme, movimento uniformemente variado e as três Leis de Newton.
Elaboração de um plano	Provavelmente o aluno já terá visto exercícios semelhantes a esse em sala de aula, podendo comparar o fenômeno ocorrido com exemplos que já tenha trabalhado. Utilizando a simulação, o aluno verifica todas as forças que estão envolvidas nos cenários. Sabendo como as forças atuam em cada situação, o aluno deve recorrer às Leis de Newton para explicar o fenômeno.
Execução do plano	Reconhecido o problema, o aluno deve simular as situações propostas. Assim, ele verifica que quando o personagem deixa de empurrar o livro, passa a agir sobre ele apenas a força de atrito, fazendo com que ele pare depois de percorrer certa

	distância. Sabendo que a força de atrito é contrária ao movimento, ela faz com que o livro desacelere e pare. Recorrendo à 2ª Lei de Newton, o aluno pode inferir os motivos pelos quais o movimento é cessado.
Retrospecto	Utilizando a 2ª Lei de Newton novamente, o aluno pode justificar como Annette conseguiu colocar o livro em movimento horizontal e porque o livro interrompe seu movimento depois de algum tempo (o livro desacelera e para).

Tabela 4 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 2 – letras B, C e D.

3.2. Segunda Simulação: *Energy Skate Park: Basics*

A segunda simulação analisada é intitulada “*Energy Skate Park: Basics*”⁶. A Figura 2 ilustra a tela inicial do software.

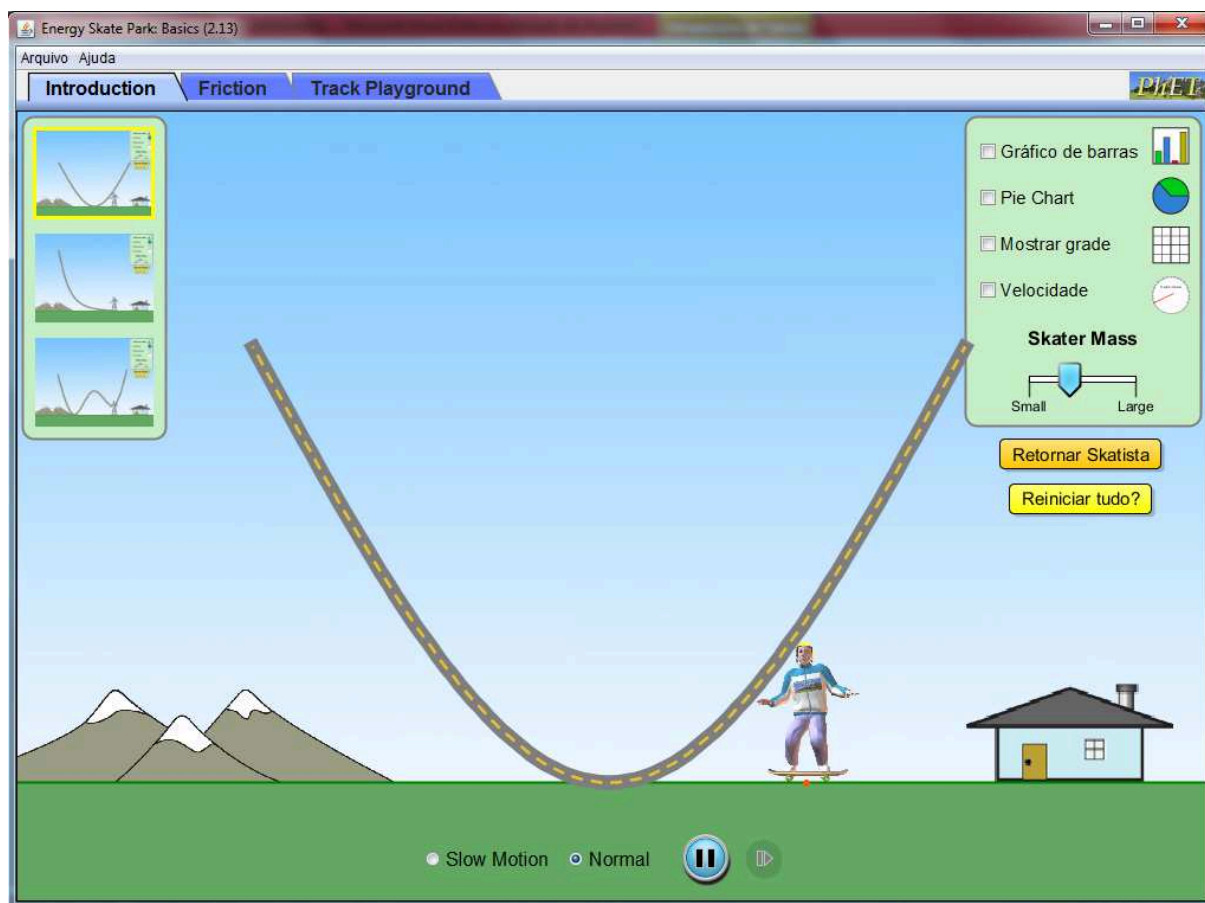


Figura 2: Tela principal da simulação *Energy Skate Park*.

Os recursos de ensino referentes à simulação “*Energy Skate Park: Basics*”, segundo os professores colaboradores do PhET são:

Tópicos Principais

⁶ Parque de Skate Energético: Básico (tradução nossa)

- Energia
- Conservação de Energia
- Energia Cinética
- Energia Potencial
- Fricção (Atrito)

Alguns Objetivos de Aprendizagem

- Explicar o conceito de Conservação da Energia Mecânica usando a energia cinética (E_c) e energia potencial gravitacional (E_p).
- Descrever como os gráficos de barra e setorial de energia relacionam a posição e velocidade.
- Explicar como a massa do skatista afeta a energia.
- Explicar como o atrito da pista afeta a energia.
- Prever a posição ou a velocidade estimada a partir de gráficos setoriais e de barra de energia.
- Calcular a velocidade ou altura, uma posição a partir de informações em diferentes posições.
- Calcular E_c e E_p em determinada posição considerando valores de uma outra posição.
- Criar um parque de skate usando os conceitos de energia mecânica e conservação de energia.

3.2.1. Colaboração dos professores

O roteiro utilizado é intitulado “*Energy Skate Park*”⁷ (disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/3513). A atividade criada pelo professor Noah Podolefsky também possui a estrela dourada e sua proposta é utilizá-la no Ensino Médio e também no último ciclo do Ensino Fundamental.

3.2.2. Análise do problema proposto

Em primeiro lugar é preciso saber quais os conceitos que o aluno deve conhecer para realizar a atividade:

- Movimento uniforme e uniformemente variado;
- Força, força peso, força normal, força de atrito (coeficiente de atrito) e força resultante;
- Trabalho e Energia;
- Conservação da Energia Mecânica.

A atividade proposta não exige cálculos, mas trabalha com a análise e interpretação de gráficos, que é um grande desafio para os estudantes. É interessante ressaltar que antes de iniciar a atividade, a primeira solicitação do professor-autor é que os alunos “estudem” e aprendam como utilizar a simulação, assim como foi proposto pelos colaboradores do PhET.

⁷ Parque de Skate Energético (tradução nossa)

Conforme foi feito na análise da primeira simulação, analisaremos a utilização da simulação como um problema (e não como um exercício), e seguiremos os passos propostos por Polya para resolvê-lo.

3.2.3. Análise do problema usando a simulação

Atividade - <i>Energy Skate Park</i>	
Objetivos de aprendizagem	
• Explique a relação entre o total de energia e cinética, potencial e energia térmica. • Explique como alterar o atrito pista afeta energia cinética, potencial e térmica. • Criar um parque de skate usando os conceitos de energia mecânica e conservação de energia.	
1. Explore a simulação. Descreva como o skatista se move.	

Pergunta 1	
Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Para fazer uso da simulação, o aluno precisa conhecer alguns conceitos básicos, como movimento, energia e forças. Além disso, precisa ter conhecimento para analisar e interpretar gráficos.
Elaboração de um plano	Para a questão proposta, existem diversas opções de “planos” a serem seguidos pelos alunos. O aluno pode trocar as pistas do skatista (ou até mesmo criar uma nova pista), analisar o movimento com ou sem atrito, com dissipação de energia térmica ou não, enfim, existem várias possibilidades a serem exploradas. O objetivo é que o aluno consiga explorar o máximo possível das opções que a simulação oferece, compreendendo os fenômenos físicos envolvidos em cada uma delas.
Execução do plano	Explorar a simulação em todas as suas formas: - Como colocar o skatista em movimento - Como “colocar” ou “retirar” o atrito - Quais os gráficos disponíveis e como analisá-los - Como alterar a pista Entre outros...
Retrospecto	A simulação representa ou pode representar situações do cotidiano?

Tabela 5 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 1.

2. Descreva como a altura do skatista está relacionada com a velocidade dele em diferentes pontos da pista.

Pergunta 2 Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Em primeiro lugar o aluno deve saber o significado físico de velocidade e altura, e como podemos relacioná-los (energia potencial gravitacional e energia cinética). Como a simulação pode auxiliar a verificar essa relação? Caso o aluno não consiga relacionar os dois conceitos com a simulação, deve retornar ao passo sugerido na pergunta 1 e explorar novamente a simulação.
Elaboração de um plano	Utilizando a pista simples, que aparece assim que a simulação é iniciada, o aluno deve colocar o skatista em movimento, a partir de certa altura em relação ao solo. Podemos sugerir três opções de resolução para esse problema: 1. Com o uso da grade e do medidor de velocidade, o aluno pode verificar a relação altura x velocidade. 2. Utilizando os gráficos de barra pode analisar a variação das energias cinética, potencial gravitacional, térmica e total. 3. Utilizando o gráfico de pizza, que relaciona também as energias cinética, potencial gravitacional, térmica e total..
Execução do plano	Como montamos três possíveis planos a serem aplicados, verifiquemos a execução de cada um deles. Para todos eles, o primeiro passo é levar o skatista (utilizando o mouse) até a pista, para iniciar o movimento. 1. Selecionar as caixas “mostrar grade” e “velocidade”. O aluno deve verificar que quando a altura do skatista é máxima, sua velocidade é mínima e vice-versa. 2. Selecionar a caixa “Gráfico de barras”. Com o skatista em movimento, verifica-se que os valores das energias potencial gravitacional e cinética variam. Quando a energia cinética é máxima, a energia potencial gravitacional é mínima. Sabendo que a energia cinética está relacionada com a velocidade do skatista e a energia potencial gravitacional está relacionada com a altura por ele alcançada, e sabendo que a massa do corpo não varia, o aluno pode concluir que quanto maior a velocidade, menor a altura. 3. Selecionar a caixa “Pie Chart”. O gráfico em pizza aparecerá bem acima do skatista, acompanhando seu movimento. Esse gráfico também mostra a relação entre as energias. As análises feitas devem ser as mesmas da opção 2. Dica: para visualizar melhor a variação, o aluno pode usar a opção “Slow motion”, que faz

	com que o movimento do skatista seja mais lento.
Retrospecto	Sabendo que o aluno responderá a pergunta usando apenas uma das opções, deve se perguntar como poderia ter realizado a simulação realizando outros passos. A relação altura x velocidade pode ser analisada assim em qualquer situação? E se houver atrito, o que acontece? O aluno deve estar preparado para responder essas questões, inclusive utilizando a própria simulação para auxiliar seu entendimento.

Tabela 6 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 2.

3. Vá até a aba "Introdução".

Na tabela abaixo, anote se aumenta cada quantidade, diminui, ou permanece o mesmo.

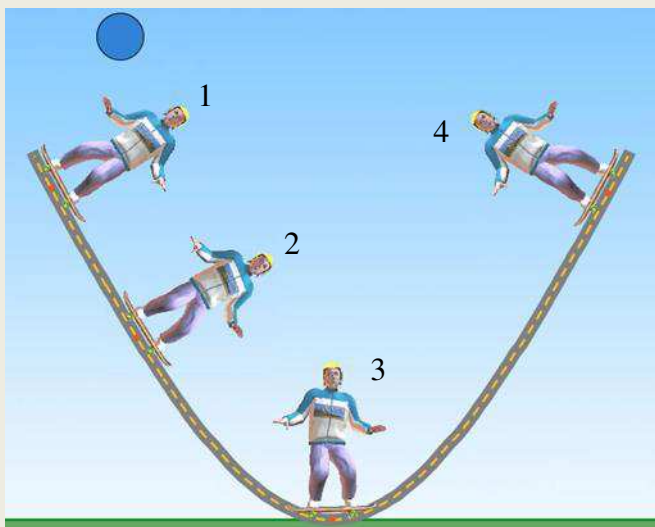
Movimento do skatista		Energia Potencial	Energia Cinética	Energia Total
Subindo pela pista				
Descendo pela pista				

Pergunta 3	
Etapas de Polya	
Compreensão do problema	O que é energia cinética, potencial gravitacional, térmica e energia total? Como elas influenciam no movimento do skatista? (Lembrando que se o aluno já tiver respondido a questão 2, já deverá ter conhecimento suficiente para responder essa pergunta).
Elaboração de um plano	Utilizando a pista simples, que aparece assim que a simulação é iniciada, o aluno deve colocar o skatista em movimento, a partir de certa altura em relação ao solo. Podemos sugerir duas opções de resolução para esse problema: 1. Utilizando os gráficos de barra pode analisar a variação das energias cinética, potencial gravitacional, térmica e total. 2. Utilizando o gráfico de pizza, que relaciona também as energias cinéticas, potencial gravitacional, térmica e total.
Execução do plano	Como montamos dois possíveis planos a serem aplicados, verifiquemos a execução de cada um deles. Para todos eles, o primeiro passo é levar o skatista (utilizando o mouse) até a pista, para iniciar o movimento.

	1. Selecionar a caixa “Gráfico de barras”. Com o skatista em movimento, verifica-se que os valores das energias potencial gravitacional e cinética variam. Quando o skatista está subindo, a energia cinética diminui e a potencial gravitacional aumenta (relação velocidade x altura visualizada anteriormente). Ao descer, ocorre o contrário. 2. Selecionar a caixa “Pie Chart”. O gráfico em pizza aparecerá bem acima do skatista, acompanhando seu movimento. Esse gráfico também mostra a relação entre as energias. As análises feitas devem ser as mesmas da opção 1. Dica: para visualizar melhor a variação, o aluno pode usar a opção “<i>Slow motion</i>”, que faz com que o movimento do skatista seja mais lento.
Retrospecto	Sabendo que o aluno responderá a pergunta usando apenas uma das opções, deve se perguntar como poderia ter realizado a simulação realizando outros passos. Porque os valores das energias variam? E se houver atrito, o que acontece?

Tabela 7 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 3.

4. A imagem mostra o patinador, começando no topo da rampa (posição 1). Desenhe o gráfico de pizza para o patinador nas posições 2, 3 e 4.



Explique seu raciocínio para cada ponto:

2: _____

3: _____

4: _____

Pergunta 4 Etapas de Polya	
Compreensão do problema	O que acontece quando a posição do skatista muda? Essa é a primeira pergunta que o aluno deve ser capaz de responder antes de conceber um plano para responder a questão. E novamente os conceitos de energia são necessários. Além disso, o aluno deve saber analisar gráficos.
Elaboração de um plano	Para cada posição, o skatista possui um valor de energia cinética e de energia potencial gravitacional, sendo que a energia total permanece a mesma (conservação da energia mecânica). Desprezando o atrito, podem-se relacionar essas energias. A posição 2 está no “meio do caminho”, portanto as energias devem ter o mesmo valor, enquanto na posição 3 a energia cinética é máxima (portanto a energia potencial gravitacional é mínima, pois a altura em que ele se encontra em relação ao solo é a menor possível) e a na posição 4 ocorre o contrário da posição 3. Como essas situações já foram trabalhadas nas perguntas 2 e 3, o aluno pode utilizar os dados encontrados anteriormente para resolver a pergunta 4.
Execução do plano	O aluno pode executar o plano utilizando a simulação ou apenas usando a teoria da conservação de energia. Utilizando a simulação, os gráficos já saem prontos, mas o aluno deve ser capaz de interpretá-los.
Retrospecto	Os resultados obtidos condizem com os resultados analisados anteriormente? Porque na posição 2 os valores da energia cinética e potencial gravitacional são iguais? Caso existisse atrito, a conservação de energia também poderia ser utilizada para justificar os gráficos?

Tabela 8 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 4.

5. Vá até a aba "Atrito".

O skatista está se movendo para a direita ao longo de um terreno plano.



Na tabela abaixo, anote se cada quantidade está aumentando, diminuindo ou permanecendo a mesma.

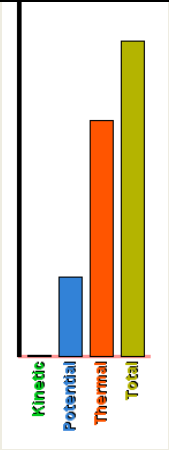
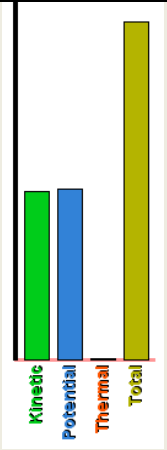
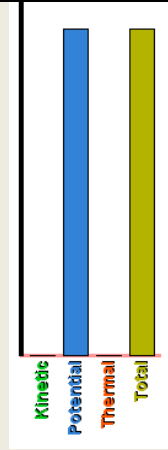
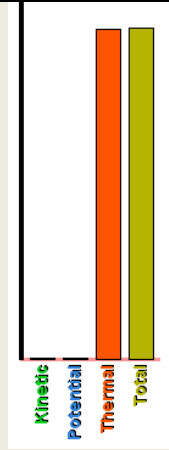
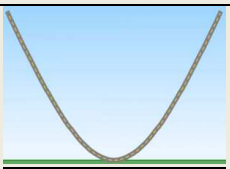
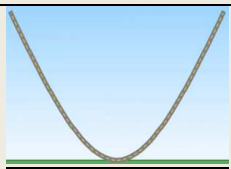
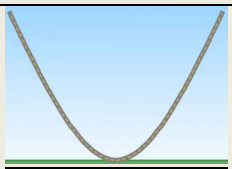
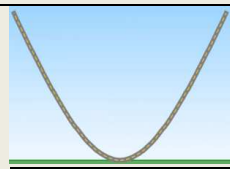
Valor do Atrito	Energia Potencial	Energia Cinética	Energia Térmica	Energia Total
Zero				
Maior que zero				

Pergunta 5 Etapas de Polya	
Compreensão do problema	O que é atrito? Essa é a primeira pergunta que o aluno deve ser capaz de responder. Assim, deve saber quais as implicações disso no movimento do skatista. Como o atrito interfere no movimento? E nos valores de energia?
Elaboração de um plano	A simulação não permite o movimento do skatista em um plano horizontal, apenas na rampa. Portanto, propomos duas opções para a resolução do problema: 1. Utilizar a rampa para analisar o movimento do skatista quando existe atrito. Sabendo que o atrito faz com que o skatista reduza sua velocidade até parar, o aluno pode retratar a mesma situação em um plano horizontal. 2. Sem utilizar a simulação, o aluno deve recorrer aos seus conhecimentos prévios e idealizar a situação proposta.
Execução do plano	Quando o atrito é zero, e sabendo que o skatista se move com velocidade constante no plano horizontal, a energia cinética terá valor constante, enquanto a energia potencial gravitacional será zero (se consideramos que a altura do skatista é zero em relação ao solo) e não existe energia térmica, pois não há dissipação de calor (que ocorre por causa do atrito entre o skate e o solo). Sendo assim, a energia total é igual à energia cinética, sendo, também, constante. Quando existe atrito, a energia cinética diminuirá com o tempo, pois a velocidade do skatista irá diminuir. Essa “perda” de energia cinética é compensada pela energia térmica, ou seja, a energia total permanece constante. A energia potencial gravitacional também pode ser considerada zero.
Retrospecto	Qual a relação entre as energias? Porque o atrito faz com que exista a dissipação de energia térmica? Essa situação pode ser vista no cotidiano?

Tabela 9 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 5.

6. O patinador inicia o movimento no topo da pista. A tabela abaixo mostra os gráficos de barras da Energia para o skatista.

Na tabela, desenhe a posição onde você acha que o skatista está, e se você acha que o atrito está ligado ou desligado.

				
Desenhe a posição do skatista				
Atrito ligado ou desligado?				

Pergunta 6 Etapas de Polya	
Compreensão do problema	Como interpretar os gráficos? Quais dados do movimento devem ser conhecidos para a análise? Com os dados fornecidos é possível responder a pergunta?
Elaboração de um plano	Utilizando a simulação, o aluno pode colocar o skatista em movimento e analisar como os valores de energia variam e compará-los com as situações propostas, visto que a simulação já fornece esse tipo de gráfico (de barras).
Execução do plano	Utilizando a aba “Atrito”, o aluno pode simular diversas situações e compará-las com os gráficos apresentados. Para isso, deve alterar os valores de atrito (selecionar com ou sem atrito).
Retrospecto	As posições desenhadas correspondem com a teoria? É possível afirmar que o skatista estará apenas na posição desenhada ou pode existir mais de uma posição possível?

Tabela 10 – Técnica de Polya aplicada à resolução do problema 6.

DISCUSSÃO

A análise dos problemas utilizando a técnica de Polya demonstra as diversas opções que tanto os alunos como os professores têm ao utilizar as simulações no ensino e aprendizagem de Mecânica na educação básica.

Em relação ao ensino, identificamos claramente as consequências para as ações dos docentes, como observou Bransford (2000), ao contribuir para uma avaliação diagnóstica de quais os conceitos o aluno conhece e erros conceituais, e para a avaliação formativa ao acompanhar o processo de construção do conhecimento do aluno. Além disso, contribui para o ensino com profundidade conceitual, utilizando exemplos em que o conceito está em ação. E acima de tudo contribui com a aplicação da metacognição no currículo.

Em relação à aprendizagem, as simulações possibilitam a aprendizagem por experimentação e os fenômenos estudados. Apesar de esses conteúdos serem próximos da realidade do aluno e dos professores, ainda assim os alunos encontram dificuldades em experimentar e abstrair os fenômenos físicos de forma contextualizada e real.

Como os problemas podem ser resolvidos pelas percepções e interações com as simulações e pelo entendimento dos conceitos físicos para justificá-las, tais como: interpretação, comparação, exemplificações, inferências, explicações de causa e efeito etc; o aluno desenvolve a competência na área de Física ao aprender de forma sólida os conceitos e entender fatos e ideias no contexto do arcabouço conceitual, organizando o conhecimento para facilitar a recuperação e a aplicação desses conceitos. Esses processos confirmam a análise de Bransford (2000) sobre a importância dessas competências para estimular a verbalização (interior e exterior), e, conseqüentemente, a competência metacognitiva de gerenciar a aprendizagem e solucionar problemas.

A análise vetorial das forças envolvidas nesses fenômenos (atividade 1) é um processo cognitivo que muitos alunos não conseguem realizar e a simulação pode auxiliar a diminuir essa dificuldade. O diagrama de forças, da maneira como é apresentado em sala de aula, não é intuitivo e concreto, não fornecendo ao aluno uma informação que ele possa comparar com algo que ele já conheça (conhecimentos prévios). Já utilizando a simulação, as forças “aparecem” no momento em que são aplicadas, portanto o aluno consegue assimilá-las com facilidade.

Na atividade 2, os alunos podem trabalhar diversas situações que envolvem a Conservação da Energia Mecânica, comparando-as com situações cotidianas. E a simulação relatada demonstra também a dissipação de energia térmica, aproximando mais ainda da realidade. Ainda, a simulação dá suporte para a análise de gráficos, que os alunos também possuem dificuldade em realizar.

Os roteiros utilizados na análise auxiliam os alunos a resolver problemas utilizando os passos de Polya intuitivamente. Isso porque o aluno precisa compreender a simulação, e, portanto, conhecer os conceitos físicos que serão trabalhados. Assim, ele deve elaborar um plano de como utilizar o simulador de modo que os fenômenos físicos sejam visualizados e possam dar significado às teorias estudadas. Colocando o plano em prática, após verificar as possibilidades que o simulador oferece, o aluno pode imaginar outras maneiras de simular a mesma situação.

Como foi dito anteriormente, os roteiros não indicam ao aluno como simular, apenas fazem perguntas sobre o que acontece em determinadas situações. Portanto, o aluno deve encontrar o caminho para a resolução dos problemas e assim, passa por todos os passos de Polya.

CONCLUSÃO

O ensino de Física está passando por mudanças efetivas e o uso da tecnologia em sala de aula favorece esse processo. É preciso fazer com que os alunos se interessem por esse conteúdo, compreendo como as situações cotidianas podem ser explicadas por teorias físicas.

O uso de simulações em sala de aula aproxima o conteúdo apresentado com o cotidiano e a vivência dos alunos, permitindo a compreensão do mesmo, e não apenas a memorização de fórmulas e equações matemáticas que são ferramentas bastante utilizadas pelos professores.

Sabendo que o estudo dos movimentos é o primeiro contato dos alunos com a Física, é preciso que esse ensino contextualizado seja aplicado nessa fase, fazendo com que os alunos se interessem pelo conteúdo. Sendo assim, as simulações do PhET sobre movimento, forças e energia podem ser utilizadas em sala de aula para alcançar esse propósito.

Os 4 passos para resolução de problemas sugeridos por Polya, aliado ao uso das simulações, permitem ao aluno compreender os problemas e organizar o conhecimento, aplicando as Teorias e Leis da Física. Visualizando os fenômenos representados nas simulações, os alunos podem compará-los com situações corriqueiras, dando significado ao que foi passado em sala de aula.

É importante ressaltar que o uso das simulações não substitui o ensino formal dos conteúdos, na verdade é um aliado dos professores no processo de ensino. Para que os alunos possam assimilar as simulações, o conhecimento prévio das teorias envolvidas nas mesmas é essencial.

Assim, utilizar as simulações em sala de aula é uma maneira de despertar o interesse dos alunos pela Física, além de dar significado às suas teorias. Além disso, os problemas envolvendo as simulações de eventos físicos estimulam o conhecimento complexo, ao fazer com que o aluno crie sozinho maneiras de resolvê-los. Esse pode ser um grande passo para auxiliar os alunos a compreenderem os problemas de Física, e não apenas reproduzir resultados e decorar fórmulas.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL, Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 10 nov 2012.

_____. Conselho Nacional de Educação (CNE). Parecer n. 15, de 1 de junho de 1998. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=293&Itemid=358>. Acesso em 10 nov 2012.

BRANSFORD, John D.; BROWN, Ann L.; COCKING, Rodney R. (2000). *How people learn: brain, mind, experience and school – Expanded Edition*. Washington: National Academy Press, 2000.

MCKAGAN S. B. et al. *Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics*. American Journal of Physics; April 2008. Volume 76, Issue 4, pp. 406. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/research>. Acesso em 27 jun. 2013.

POZO et al., J. I. (org.); Echeverría, María del Puy P.; Castillo, Jesús D.; Crespo, Miguel A. G. & Angón, Yolanda P. (1998). **A solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução de Beatriz Affonso Neves, Porto Alegre: Artmed.

TAKAHASHI, E. K.; CARDOSO, Dayane Carvalho. **A Técnica de polya Aplicada na Resolução de Problemas de Física**. Disponível em: <www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod= atecnicadepolyaaplicadan> Acesso em 04 out 2012.

WIEMAN, C. E. et al. *PhET: Simulations That Enhance Learning*. Science, 322/682-683, October 2008. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/research>. Acesso em 27 jun. 2013