



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Integrando atividades experimentais e simulações computacionais para o estudo de transferência de energia térmica

Italo Gabriel Neide¹, Marcia Jussara Hepp Rehfeldt², Fernanda Teresa Moro³

¹Doutor em Física – Centro Universitário UNIVATES – italo.neide@univates.br

²Doutora em Informática na Educação – Centro Universitário UNIVATES –
mrehfeld@univates.br

³Mestra em Ensino de Ciências Exatas – Centro Universitário UNIVATES –
nanda_moro@yahoo.com.br

Contextualização

A referente produção técnica foi desenvolvida com trinta e cinco estudantes, da turma 222 do 2º ano do de uma escola da rede privada, do município de Erechim, Rio Grande do Sul, com o conteúdo de Termologia, em especial propagação da energia térmica. Esta turma é composta 17 estudantes do sexo feminino e 18 do sexo masculino, com idades entre 15 e 16 anos.

Esta produção está baseada em seis atividades, sendo estas três atividades experimentais e três simulações computacionais, abordando as formas de propagação da energia térmica: condução, convecção e radiação. Estas atividades tem o intuito de auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos da Termologia – condução, convecção e radiação, e está embasada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003).

Conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel o conhecimento prévio, subsunçor, é fator determinante para ocorrer a aprendizagem significativa; outros dois fatores importantes são a predisposição do indivíduo para aprender e o material utilizado ser potencialmente significativo.



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Nesta proposta procurou-se a integração entre as atividades experimentais e as simulações computacionais. Muitas simulações computacionais podem ser utilizadas aliadas às atividades experimentais durante as aulas de Física, em especial, no tópico de Termologia, como por exemplo, os simuladores *Energy2D* e *PhET*, que serão aqui apresentados.

Araújo, Veit e Moreira (2012) destacam que nas aulas convencionais de Física em cursos de nível médio e superior verifica-se professores que associam o aprendizado a receitas de resolução de problemas, tendo algebrismos como foco; bem como docentes que abolem praticamente todo o formalismo necessário para uma compreensão adequada do conteúdo. Conforme os autores supracitados, um desafio que se apresenta é como representar fenômenos reais através de modelos, conceitos, trabalho colaborativo, formulação e teste de hipóteses para a sala de aula.

Nesse sentido, Teodoro e Veit (2002) enfatizam o uso de tecnologias como um facilitador nos processos de ensino e de aprendizagem, sobretudo no que se reporta a sistemas dinâmicos. Deste modo, entende-se que o ensino da

Física não deve deter-se unicamente à teoria e ao “treino” de exercícios repetitivos. Acredita-se que as atividades experimentais, quando integradas com simulações computacionais, podem tornar as aulas mais interessantes e contribuir para a construção de conceitos em vários campos da Física.

Objetivos

Explorar atividades que possam contribuir na aprendizagem significativa de conceitos de transferência de energia térmica, com a integração entre atividades experimentais e simulações computacionais.



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Detalhamento

Neste tópico serão apresentadas as descrições dos simuladores *Energy2D* e do *PhET* e as atividades que foram desenvolvidas com os estudantes.

Detalhamento dos simuladores *Energy2D* e *PhET*

As atividades de simulação computacional propostas nesta produção foram exploradas no *Energy2D*¹ - *Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone* do *National Science Foundation -The Concord Consortium* (EUA). O *Energy2D* é um programa de simulação interativa de modelos que envolvem as formas de transferência de energia térmica por condução, convecção e radiação. É um programa que é executado de maneira rápida na maioria dos computadores.

O *Energy2D* pode ser usado pelos alunos como uma ferramenta de pesquisa e *design* para explorar e analisar os fluxos de energia térmica e massa em estruturas bidimensionais, sob diferentes condições ambientais, como a luz do sol e do vento. Os alunos podem criar situações para testar uma hipótese científica ou resolver um problema de engenharia.

Já o *PhET Interactive Simulation*, é um projeto da Universidade do Colorado (EUA)². Surgiu como uma proposta para melhorar a maneira como a ciência é ensinada e aprendida. O *PhET* projeta, desenvolve e fornece mais de 125 simulações interativas grátis para uso educacional nas áreas de Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. As simulações são em Java, *Flash* ou *HTML5*, e podem ser executadas *on-line* ou fazendo *download* para o computador. Todas as simulações são de código aberto. Os recursos do *PhET* são livres.

¹ Disponível em <http://energy.concord.org/energy2d/>

² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 29) apresentam em sua análise sobre o *PhET*, em trabalho de pós-doutorado apoiado pelo CNPq, os conteúdos abordados no tópico de Física:

[] simulações também são agrupadas em seções específicas de cada área como física, química, ciências da terra e matemática. Todas as simulações são classificadas de acordo com o nível de ensino. Em física, as simulações são agrupadas em sete categorias: Movimento; Trabalho, Energia e Potência; Som e Ondas; Calor e Termodinâmica; Eletricidade, Magnetismo e Circuitos; Luz e Radiação; e Fenômenos Quânticos.

A abertura e as sequências de janelas para os programas do *Energy2D* e do *PhET* encontram-se no anexo A. Cabe salientar que nesse trabalho incorporou-se algumas das simulações apresentadas no *PhET* e no *Energy2D*, integradas às atividades experimentais no tópico de Termologia, abordando as formas de propagação da energia térmica.

Na sequência são apresentadas as atividades planejadas para esta proposta de intervenção pedagógica.

Atividades desenvolvidas

Esta proposta está dividida em seis aulas, e fizeram parte da intervenção pedagógica desenvolvida no Mestrado em Ensino de Ciências Exatas. No Quadro 1 são apresentados os conteúdos, atividades e objetivos referentes à intervenção pedagógica realizada nesta pesquisa.



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Quadro 1- Atividades realizadas durante a intervenção pedagógica

Aula	Atividades	Objetivos
Aula 1	Atividade experimental sobre condução	Verificar a condutibilidade térmica em diferentes materiais.
Aula 2	Simulações do <i>Energy 2D</i> sobre condução	Estabelecer relações entre a atividade experimental realizada e as simulações computacionais.
Aula 3	Atividade experimental sobre convecção	Perceber a formação de correntes de convecção.
Aula 4	Simulações do <i>Energy 2D</i> sobre convecção	Estabelecer relações entre a atividade experimental realizada e as simulações computacionais.
Aula 5	Atividade experimental sobre Radiação	Reconhecer a diferença na taxa de absorção de calor por radiação entre materiais de cores escuras e claras.
Aula 6	Simulação do <i>PhET</i> sobre radiação	Estabelecer relações entre a atividade experimental realizada e as simulações computacionais.

Fonte: Autores do trabalho, 2015.

ATIVIDADE 1: CONDUÇÃO TÉRMICA

1.1- ATIVIDADE EXPERIMENTAL - Condução térmica (adaptações Gaspar (2005))

Material: Base de madeira, arame de cobre e arame de ferro (mesma espessura), lamparina (ou vela) e fósforo.

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Objetivos:

- Verificar a propagação de calor por condução térmica.
- Observar que materiais diferentes têm diferentes coeficientes de condutibilidade térmica, verificando suas aplicações no cotidiano.

Procedimento:

O professor questiona se ferro e cobre são iguais. Que diferença eles possuem?

- a) Com dois arames de mesma espessura (um de ferro e outro de cobre) construir a estrutura apresentada na Figura 1, apoiando-a em uma base de madeira. Unir as hastes metálicas para maior rigidez do equipamento.

Figura 1 – Equipamento para a atividade de Condução térmica



Fonte: O autor, 2015.

- b) Fixar dois pontos de parafina em cada um dos arames (mesmas distâncias).
- c) Acender a lâmparina (ou vela), colocando-a conforme indica a Figura 1. Observar o que aconteceu e responder:

1) Qual dos pingos derreteu primeiro?

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

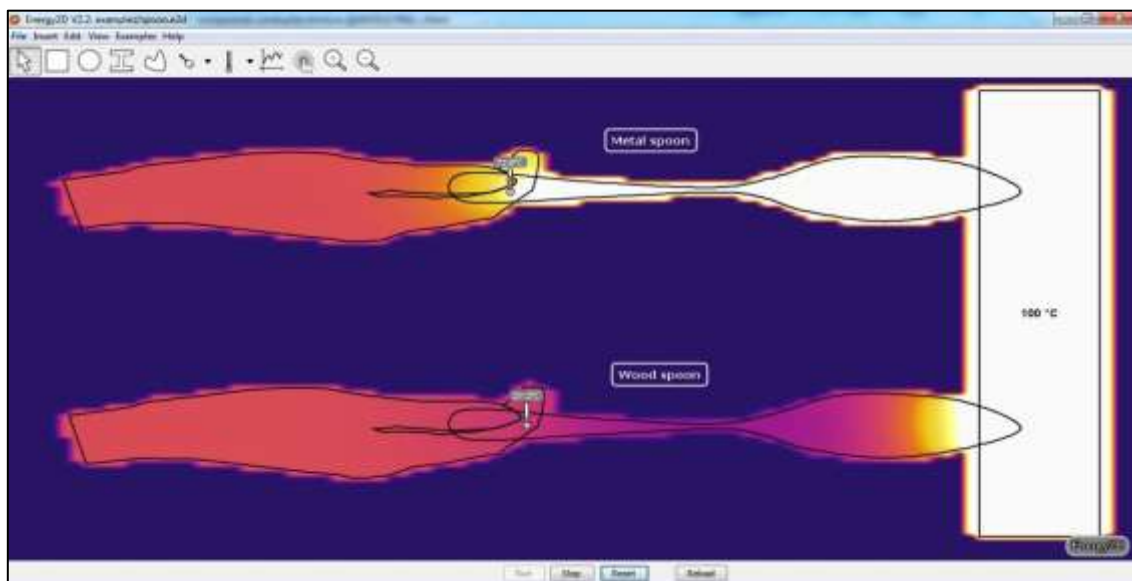
- 2) Por que isso aconteceu? A que conclusão você pode chegar?
- 3) Se uma das hastes utilizadas para colocar os pingos de cera fosse de madeira, o que aconteceria com estes pingos de cera?
- 4) Em quais situações práticas observamos a condução térmica?

1.2- SIMULAÇÃO DO *ENERGY2D*: colher de madeira versus de metal

Objetivo: Verificar a condutibilidade térmica em matérias isolantes e condutores, comparando com o observado na atividade experimental.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 2. Ao executar a simulação deve observar que a escala de cores vai mudando ao longo da extremidade nas duas colheres (mas de forma diferente de uma colher para a outra), pois uma é isolante térmico e a outra, condutor.

Figura 2 – Propagação de calor por condução.



Fonte: Energy2D.



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Análise e discussões a serem desenvolvidas com os alunos:

- a) Considere a colher de metal. Existe diferença de temperatura nas suas extremidades? Explique.
- b) Compare a colher de metal com a de madeira. Observa-se que ao longo das colheres a variação da temperatura é diferente. Qual das colheres tem maior parte de sua extensão com temperaturas mais altas? Explique.
- c) Por que a condução no metal atinge temperaturas mais elevadas quando comparada à madeira? Sua estrutura molecular é diferente? Explique.
- d) Onde você observa situações similares no seu cotidiano?
- e) Na atividade experimental onde usamos um arame de ferro e outro de cobre também foi possível observar a condutividade térmica ser maior no cobre. Explique por que o cobre é melhor condutor quando comparado com o ferro.

ATIVIDADE 2: Convecção térmica

2.1- ATIVIDADE EXPERIMENTAL: (adaptações de Gaspar (2005))

Material: lata vazia de refrigerante, arame de ferro, vela (ou lamparina), fósforo e base de madeira.

Objetivo: Observar a convecção térmica e verificar as suas aplicações no cotidiano.

Procedimento: Antes de montar o equipamento aproximar as mãos da chama da vela. Primeiro lateralmente e após na parte superior.

- a) As mãos colocadas ao lado da chama queimam ou não?
- b) E as mãos colocadas acima da chama, queimam ou não?

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Montar o equipamento conforme a Figura 3. Acender a vela e observar a movimentação da hélice (esta hélice é construída com a planificação de uma lata de alumínio, cortada em formato de espiral, que foi pintada para melhorar a estética). Apagar a vela e observar.

Figura 3 – Montagem do equipamento para a convecção



Fonte: Os Autores, 2015.

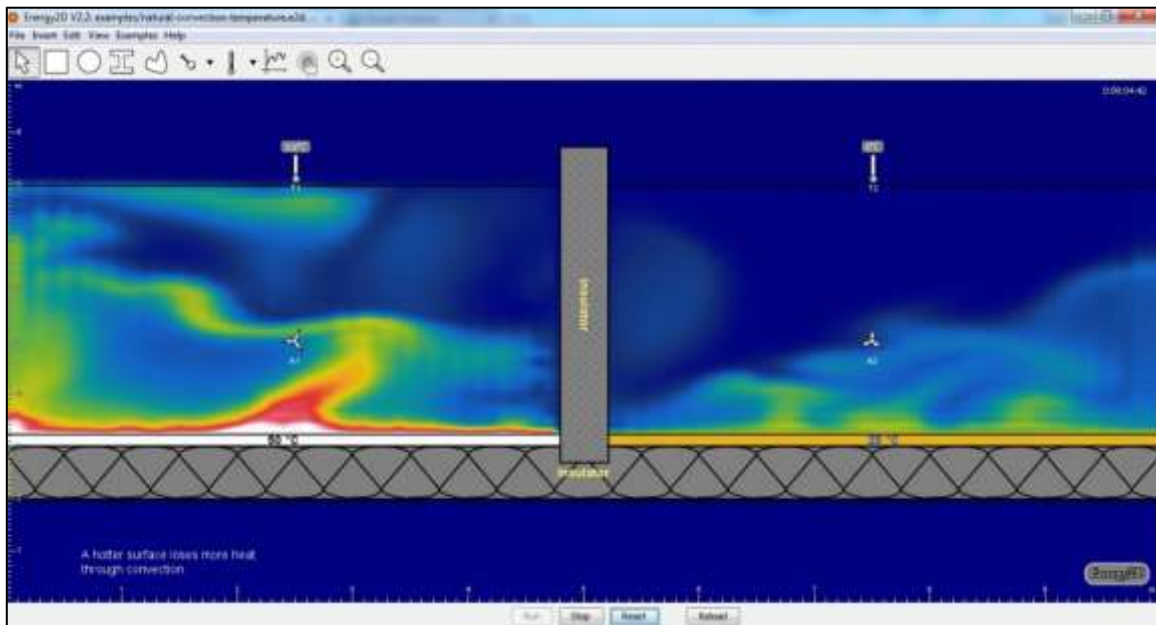
- a) Um objeto com massa de 50 kg que esteja a certa altura do solo, quando abandonado, movimenta-se de que forma? Acontece o mesmo com uma porção de ar?
- b) Se você embarcasse em um automóvel que ficou exposto ao sol por muito tempo, com as janelas e portas fechadas, de que forma usaria o ar condicionado do automóvel, a fim de resfriá-lo mais rapidamente*?
- c) Se fizéssemos o experimento da vela com a hélice no espaço, teríamos alterações? Quais?

2.2- SIMULAÇÃO 2 - *ENERGY2D*: Convecção com diferentes temperaturas

Objetivo: Verificar a formação de correntes de convecção através da observação da escala de cores e da movimentação do ar, comparando com as análises feitas na atividade experimental.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 4.

Figura 4 – Convecção com diferentes temperaturas



Fonte: Energy2D.

Análise e Discussões a serem desenvolvidas com os alunos:

- Ao colocar uma chaleira de água em uma chama no fogão observa-se que ela aquece até alcançar 100°C e começar o processo de evaporação. Ao observar este processo, depois de algum tempo, nota-se a formação de bolhas que começam no fundo da chaleira e que se dirigem à extremidade superior. Qual é a relação que você pode fazer deste processo com a simulação? Descreva.



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

- b) No aquecimento da água em uma chaleira você percebe a presença de mais de um processo de transferência de calor? Explique.
- c) No espaço, esse experimento da chaleira permaneceria o mesmo? Teria alterações? Quais?

OBS: É importante destacar que o professor tem papel de mediador para que o estudante perceba a evidência de diferentes porções de fluido que vibram para cima.

ATIVIDADE 3: Radiação Térmica

3.1 - ATIVIDADE EXPERIMENTAL: (adaptações de Gaspar (2005))

RADIAÇÃO TÉRMICA (parte I)

Material: uma lâmpada, suporte, fios, tomadas, energia elétrica.

Objetivo: Reconhecer a propagação de calor por irradiação.

Procedimento:

- a) Ligue a Lâmpada e em seguida aproxime-a das mãos, sem encostar.
- b) O que você sente?
- c) Qual é a explicação para o fato do calor chegar à sua mão sem encostar na lâmpada?

RADIAÇÃO X ABSORÇÃO (parte II)

Material: Dois termômetros, suporte de madeira, uma fonte de calor (vela, lamparina ou lâmpada) e tinta.

Objetivo: Reconhecer a diferença na taxa de absorção de calor por irradiação entre materiais de cores escuras (preto) e claras (branco).

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Procedimento: Montar o equipamento conforme a Figura 5. No suporte de madeira foi fixado argolas para a sustentação dos termômetros. Na parte inferior, foi soldado dois compartimentos idênticos (um preto e outro branco) que devem envolver os bulbos dos termômetros. Foi utilizado a base de duas lâmpadas velhas.

Figura 5 – Montagem do equipamento para radiação.



Fonte: Os Autores, 2015.

Importante: Como a lâmpada é de um farol de carro, que funciona em tensão de 12V, é necessário a utilização de uma fonte conversora (converter 220V para 12V).

- a) Manter a lâmpada ligada exatamente à mesma distância dos dois termômetros. Os bulbos dos termômetros devem estar envolvidos por uma cápsula metálica, sendo que em um dos termômetros a cápsula deve ser pintada de branco e no outro, de preto.
- b) Registre, após certo tempo de exposição à lâmpada, a temperatura nos dois termômetros.
- c) Anote na tabela os resultados:

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

TEMPO	3 minutos	6 minutos	9 minutos
TEMPERATURA (termômetro preto)			
TEMPERATURA (termômetro branco)			

d) Escreva o que você concluiu com a experiência.

e) Desligue a luz e, nos mesmos intervalos de tempo anteriores, observe a temperatura e anote na tabela a seguir.

TEMPO	3 minutos	6 minutos	9 minutos
TEMPERATURA (termômetro preto)			
TEMPERATURA (termômetro branco)			

f) Escreva a sua conclusão final e cite exemplos de irradiação no dia a dia.

3.2 - SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO *PhET*

Objetivo: Verificar que efeitos da radiação térmica.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 6.

Figura 6 – Radiação térmica com o simulador *PhET*.



Fonte: *PhET Interactive Simulations*.



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Análise e discussões a serem desenvolvidas com os alunos:

- a) Na atividade experimental você observou a variação de temperatura entre corpos claros e escuros. Se nesta simulação fosse utilizada a placa na cor branca, que alterações teríamos? Explique.
- b) A radiação é uma onda eletromagnética emitida pelo Sol. Mesmo em dias nublados a radiação solar é emitida para a superfície terrestre, por isso a necessidade de filtro solar até nos dias nublados. Baseado nesse princípio, cite e ilustre outras situações do dia a dia em que a radiação está presente. Justifique.
- c) Encontre nesta mesma simulação, situações em que estejam presentes as outras formas de propagação do calor estudadas (você pode alterar os objetos e as situações nessa simulação). Explique quais você alterou e justifique.

Resultados obtidos

Os resultados encontrados com a utilização dessa prática mostraram a contribuição no ensino e na aprendizagem de elementos da Termologia quando as atividades experimentais foram exploradas de forma integrada às simulações computacionais.

Foi possível observar que os alunos mudaram algumas concepções relacionadas à disciplina de Física, principalmente quando mostraram-se predispostos a aprender, que é uma das características para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Também foi possível observar que houve indícios de modificação dos subsunçores já presentes nas estruturas cognitivas dos estudantes. Conforme Moreira (2011), quando aprendemos de maneira significativa, conseguimos progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos, percebendo diferenças entre eles.



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Ao final das atividades propostas pode-se inferir que a elaboração de propostas metodológicas que integrem as atividades experimentais e as simulações computacionais podem constituir-se em um material potencialmente significativo para o trabalho do professor, visando a aprendizagem significativa dos estudantes. Moreira (2011) destaca ser fundamental que o aprendiz apresente predisposição para aprender e que o material seja potencialmente significativo, para a ocorrência da aprendizagem significativa.

As atividades experimentais (reais e virtuais) exploradas de forma integrada podem romper com o formalismo existente na estrutura curricular das escolas onde, conforme Moreira (2001), os conteúdos estão listados em um programa que é seguido linearmente, sem idas e voltas, ou como se os aspectos mais importantes devessem ficar para o final. O resultado desse enfoque é, geralmente, aprendizagem mecânica. O autor destaca que para a aprendizagem significativa ser facilitada, o aprendiz deve ter uma visão inicial do todo, do que é importante para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades e categorias. E essa organização linear pouco promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Acredita-se que esta proposta de seis atividades pode ser usada ao abordar a unidade Termologia nas escolas que possuem infraestrutura de acesso à *internet*, haja vista que as simulações requerem este acesso. Os estudantes podem usufruir do Laboratório de Informática da escola (se a mesma dispõe), bem como usar seus *notbooks* ou o próprio celular. É importante também destacar que cada professor tem autonomia para adaptar esta proposta conforme a realidade de sua escola e de seus alunos.

Referências

ARANTES, A.R.; MIRANDA, M.S; STUART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 12-38, 2010.



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

ARAÚJO, I.S.; VEIT, E.A.; MOREIRA, M.A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**. V 17, p. 341-366, 2012.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Paralelo Editora, LDA. LISBOA. 1.^a Edição, 2003.

GASPAR, Alberto. **Física: volume único**. São Paulo: Exata, 2005.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

TEODORO, V. D.; VEIT, E. A.; **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 86 – 96, Jun. 2002.

Na Figura 7 apresenta-se a página de apresentação do *Energy2D*.

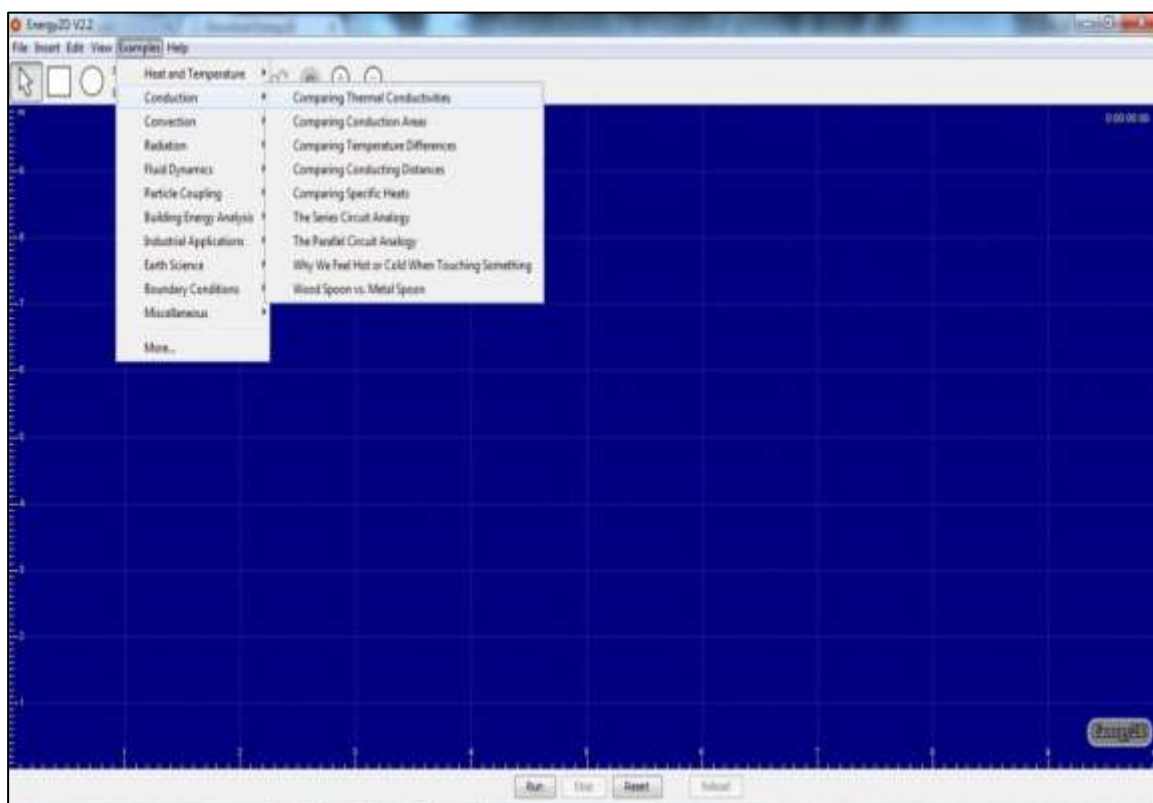
Figura 7 – Tela de apresentação do *Energy2D*



Fonte: <http://energy.concord.org/energy2d>., 2015.

Quando o estudante clicar na opção de *download* abrirá uma nova tela (desde que o Java esteja atualizado). Na sequência, o estudante deve selecionar o menu *Examples* onde encontrará as opções *Conduction*, *Convection* e *Radiation*. A Figura 8 ilustra a tela que se apresentará para o estudante.

Figura 8 – Abertura do programa *Energy2D* e as opções dos conteúdos



Fonte: Energy2D, 2015.

Nesta proposta de intervenção pedagógica utilizou-se a última opção da *Conduction* – *Wood Spoon vs Metal Spoon*. Posteriormente, a segunda opção dos *Exemples* – *Convection* – *Natural Convection Diferents Temperatures*.

No *PhET* foi utilizado o aplicativo relacionado à radiação. Quando o usuário abre a página do *PhET* tem a opção de informações sobre os aplicativos, bem como, selecionar as simulações que queira utilizar. A seleção pode ser feita por área do conhecimento.

Na Figura 9 observa-se a página de abertura do *PhET*.

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Figura 9 – Página inicial do *PhET Interactives Simulations*



Fonte: Os Autores, 2015.

Nas simulações de Física há a opção Calor e termometria, como indica a Figura 10.

Figura 10 – Acesso ao *link* Calor e Termometria



Fonte: Os Autores, 2015.

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO**

Após, escolher a simulação “Formas de Energia e Transformações”, conforme indica a Figura 11.

Figura 11 – Simulação Formas de Energia e Transformações



Fonte: Os Autores, 2015.

Posteriormente, abrirá uma janela e basta clicar em Executar que a simulação abre automaticamente. Nesta simulação o aluno pode alterar objetos, como por exemplo, os que constam nas Figuras 12 e 13.

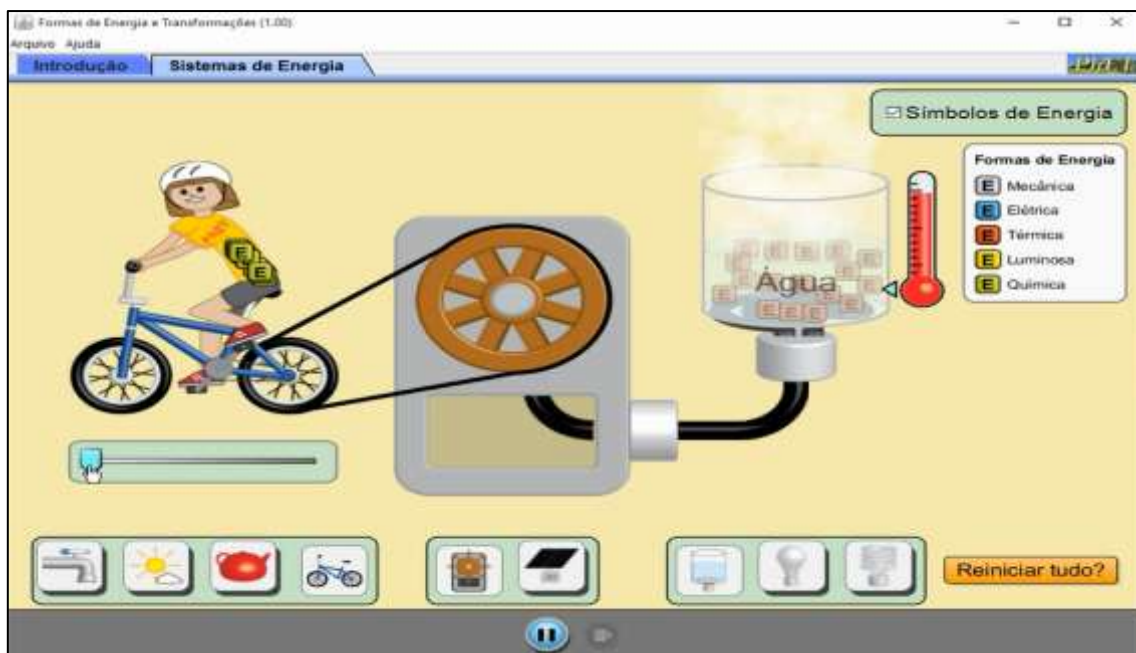
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Figura 12 – Troca de objetos na simulação



Fonte: Os Autores, 2015.

Figura 13 – Possibilidade de troca de objetos na simulação *PhET*



Fonte: Os Autores, 2015.