

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

Estratégias de Aplicação de Softwares Educativos como Instrumentos Para o  
Ensino de Física

Leonardo Borzani Rossi

Orientador Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos

Rio Claro (SP)

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

LEONARDO BORZANI ROSSI

ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE SOFTWARES  
EDUCATIVOS COMO INSTRUMENTOS PARA O ENSINO DE  
FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Campus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para  
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2011

530.07 Rossi, Leonardo Borzani  
R832e Estratégias de aplicação de softwares educativos como  
instrumentos para o ensino de física / Leonardo Borzani  
Rossi. - Rio Claro : [s.n.], 2011  
65 f. : il., figs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Conservação da energia  
mecânica. 3. Phet. 4. Simuladores didáticos. 5.  
Termodinâmica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

LEONARDO BORZANI ROSSI

ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO DE SOFTWARES  
EDUCATIVOS COMO INSTRUMENTOS PARA O ENSINO DE  
FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -  
Campus de Rio Claro, da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para  
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (orientador)

Prof. Adj. Ricardo Egydio de Carvalho

Prof. Dr. Eraldo Pereira Marinho

Rio Claro, 17 de novembro de 2011.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

# AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por me apoiarem durante toda a vida.

Aos meus familiares e amigos pelo carinho, incentivo, amizade e bons momentos.

Aos colegas de faculdade que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos alunos da escola Armando Bayeux da Silva pelo ótimo ano juntos.

À professora Ana Paula Mijolaro pela contribuição no projeto.

Ao professor Eugenio pela orientação e incentivo durante este ano.

# RESUMO

Os avanços tecnológicos das últimas décadas aliados a inclusão digital brasileira despertou a população do país para o uso constante de computadores para a realização de tarefas das mais diversas naturezas. Seja para a comunicação, entretenimento, trabalho ou estudos, os computadores são ferramentas com números crescentes nas residências brasileiras. É a partir desta evolução que o ensino de Física brasileiro deve ficar atento ao uso de ferramentas didáticas que relacionem diretamente o computador ao aprendizado do aluno. Com destaque neste trabalho temos os conteúdos digitalizados na comunidade do Wikipédia, os mais variados vídeos educativos dispostos na página do Youtube, jogos educativos que tentam ensinar o jogador de maneira divertida e os mais diversos softwares educativos de livre acesso, dispostos na rede mundial de computadores. É com atenção especial aos softwares educativos como ferramentas para o ensino de física, que descrevo algumas estratégias de uso destes softwares aliados aos livros didáticos, para exemplificar algumas maneiras de introduzir o uso dos softwares educativos diretamente nas salas de aula.

Palavras-chave: Ensino de Física. Software Educativo.

# ABSTRACT

The technological advances of recent decades combined with digital inclusion in Brazil sparked the country's population to the constant use of computers to perform tasks in many different natures. Whether it's for communication, entertainment, work or school, computers are tools with increasing numbers in Brazilian homes. Along with this evolution the Brazilian Physics teaching should be aware of the use of teaching tools that relate directly to the computer to student learning. Highlighting in this work we have scanned the contents of the Wikipedia community, a wide variety of educational videos placed on YouTube, educational games that try to teach the player in a fun way and a variety educational softwares placed on the World Wide Web. It is with special attention to educational softwares as tools for teaching physics, which describe some strategies for use of these software, combined with the textbooks, to illustrate some ways to introduce the use of educational softwares directly in the classroom.

Keywords: Teaching Physics. Educational Software.

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	8
1. O Estagiário de uma Escola e suas Observações Sobre a Instituição .....	11
Dificuldades para iniciar o trabalho .....	13
Seleção dos Temas para as Apresentações.....	16
Software ou Simulação?.....	16
2. A Conservação da Energia Mecânica.....	17
Physics Education Technology (PhET) .....	17
Acesso ao Parque Energético para Skatistas.....	19
Ferramentas do <i>Parque Energético para Skatistas</i> .....	20
Barra de Ferramentas Gerais .....	20
Gráficos de Energia .....	25
Tela de Animação .....	30
O uso do <i>Parque Energético para Skatistas</i> para abordagem de conceitos no nível de Ensino Médio .....	32
Energia Cinética.....	33
Energia Potencial Gravitacional .....	37
A conservação da energia mecânica .....	39
Considerações sobre o software <i>Parque Energético para Skatistas</i> .....	48
3.Introdução à Termodinâmica: Temperatura, Calor e Zero Absoluto .....	49
Seleção do material de referência e Software Educativo .....	49
O software <i>Estados da Matéria</i> e suas ferramentas.....	49
Abas de Navegação .....	49
Objetivos de Aprendizagem .....	51
Apresentação dos Conceitos a partir de ilustrações feitas com o software <i>Estados da Matéria</i> ....	54
Temperatura.....	54
Calor .....	56
Zero Absoluto .....	59

Considerações sobre o uso do software <i>Estados da Matéria</i> .....	61
4. Considerações Finais .....	62
Referências .....	65

# INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos possibilitam uma inclusão cada vez maior de recursos de hipermídia dentro das escolas brasileiras.

Sistemas hipermídia podem ser conceituados a partir da relação entre os conceitos de hipertexto e multimídia: a multimídia compreende os múltiplos meios que podem ser usados na representação de uma informação, como, por exemplo, texto, imagem, áudio, animação e vídeo. (REZENDE, 2005, p.63)

Recursos como computadores, projetores multimídia e televisores, passam a fazer parte também do cotidiano dos alunos da Educação Básica em suas próprias salas de aula. Embora incluídos dentro das salas, percebe-se que nem todos os professores têm interesse na elaboração de apresentações que necessitem da utilização efetiva de tais recursos. Sendo assim os recursos de hipermídia ainda não são peças chave nas atividades educativas em sala de aula.

Neste trabalho procuro analisar ferramentas que podem ser parte integrante das atividades de ensino, mais precisamente as de Física, graças à utilização de equipamentos de exibição multimídia já disponíveis nas escolas. As ferramentas que pretendo analisar são conhecidas como softwares educativos que simulam situações ou experimentos físicos, auxiliando o usuário, seja professor ou aluno, a estudar física de maneira interativa e visual. Dos quais posso citar como alguns exemplos:

1. PhET

É um acervo de softwares desenvolvidos pelo grupo da Universidade do Colorado (E.U.A.). O nome é sigla em inglês para Physics Education Technology (PhET), que podem ser encontrados em <http://phet.colorado.edu/>. Tal acervo não compreende somente a conteúdos da disciplina de Física, podendo ser encontrados simuladores com temas de biologia, ciências da terra, matemática e química.

2. LabVirt:

Seguindo na mesma via o grupo de desenvolvimento da Universidade de São Paulo – USP, tem seu próprio acervo de simulações. O nome é a sigla para Laboratório Virtual (LabVirt), que pode ser encontrado em <http://www.labvirt.futuro.usp.br>.

3. Também entre os brasileiros temos o game Sprace, do grupo de desenvolvimento da UNESP – Campus Barra Funda, que tenta introduzir de forma divertida e interativa a física quântica a leigos.
4. Já na linha de desenvolvimento de empresas privadas cito o programa *Algodoo*. Trata-se de um software com custo para utilização, mas com uma versão gratuita de nome *Phun beta 5.28* disponibilizada em <http://www.algodoo.com/wiki/Download>.

Embora tenhamos aqui apenas alguns exemplos o número de softwares educativos disponíveis para o público é grande e provavelmente contempla todo o conteúdo presente na área de Física que faz parte do currículo do sistema de ensino brasileiro.

Mas apenas a exibição ou utilização destes softwares por parte dos estudantes, sem orientação, possivelmente não implique no aprendizado de Física de uma forma eficaz. Por isso discuto alternativas das quais um professor de Física do ensino médio poderia utilizar, ou se apoiar, quando pretender trabalhar com softwares educativos em sala de aula ou atividades didáticas. Para estudar estas alternativas, alguns conteúdos que estavam sendo aplicados às turmas de ensino médio na escola Armando Bayeux da Silva da cidade de Rio Claro, foram apresentados com aplicações de softwares educativos como instrumentos para o Ensino de Física. Foi necessário selecionar softwares que contemplassem os conteúdos e apresentá-los aos alunos de ensino médio esperando assim, contribuir para a aprendizagem destes alunos e acompanhar a influência dos softwares educativos como ferramentas educacionais e instrumentos para o Ensino de Física.

Embora existam muitos softwares e grupos de desenvolvimento de tais programas, optei por softwares disponíveis na rede mundial de computadores, preferencialmente gratuitos.

No primeiro capítulo do presente trabalho apresento o processo de desenvolvimento do estudo, descrevendo pontos importantes da minha atividade como docente-estagiário da escola Armando Bayeux da Silva, e as observações que fiz sobre esta instituição para que nela fossem aplicadas as atividades didáticas com os softwares educativos. Descrevo também a metodologia de trabalho e as estratégias para aplicação do mesmo.

O segundo capítulo é dedicado à apresentação dos conceitos físicos sobre A Conservação da Energia Mecânica através do software *Parque Energético para Skatistas*, que faz parte do repositório de softwares educativos PhET. Antes de apresentar os conceitos o software é apresentado detalhadamente, descrevendo todas suas ferramentas para que o leitor tenha em mente as possibilidades do uso do mesmo para atividades didáticas.

No terceiro capítulo estão apresentados os conceitos físicos introdutórios ao curso de Termodinâmica, mais precisamente Temperatura, Calor e Zero Absoluto. O software educativo utilizado para contemplar estes conceitos é o software *Estados da Matéria*, que também faz parte do acervo PhET. Da mesma forma que no segundo capítulo apresento as ferramentas utilizadas e faço um detalhamento deste software.

Por fim apresento as conclusões do trabalho, procurando discutir aos pontos principais já citados pelos autores de artigos relacionados ao tema do presente trabalho.

# CAPÍTULO

## 1. O Estagiário de uma Escola e suas Observações Sobre a Instituição

Matriculado na UNESP Campus Rio Claro como aluno do curso de Licenciatura em Física cumpri a disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado II no ano de 2011. Nesta ocasião o grupo de estágio teve que ministrar aulas da disciplina Física na escola técnica estadual Armando Bayeux da Silva da cidade de Rio Claro. Pertencer a este grupo foi uma oportunidade para observar e entender a dinâmica da vida de um professor de ensino médio em uma das melhores escolas da rede pública de ensino do estado de São Paulo.

No início do período letivo do ano de 2011 os primeiros contatos com os alunos da escola Bayeux foram basicamente observações ao comportamento dos destes quando submetidos à atividade de disciplinas variadas, ou seja, o grupo de estagiários permanecia dentro das salas de aula apenas observando o comportamento dos alunos durante as aulas e interagiu o mínimo possível para que o comportamento deles fosse natural. Esta observação objetivava selecionar grupos que poderiam apresentar algum tipo de dificuldade quanto ao Aprendizado de Física e tais grupos seriam focos para a preparação das apresentações, intencionando facilitar o aprendizado dos alunos com dificuldades.

É justificável a incumbência proposta ao grupo de Prática de Ensino tratando-se de uma turma do Curso de Licenciatura em Física, citando o tema tratado por (Paulino, 2002) que descreve em seu trabalho a Física como o *Monstro do Ensino Médio*, e justifica este tratamento pela má qualidade do Ensino e Física brasileiro que não aproxima a Física estudada pelos alunos de ensino médio à realidade vivida por eles ou professores. Justificando a atenção voltada aos grupos foco das turmas onde os estagiários fariam seu trabalho a intenção era buscar alternativas para atrair a atenção destes às aulas de física esperando que essa contribuição se estendesse às outras disciplinas escolares.

Como membro do grupo de estágio, incluí a proposta da utilização de softwares educativos nas aulas que ministrariamos nas turmas de ensino médio da escola Bayeux. A intenção foi incluir um diferente instrumento para o ensino de Física a estas turmas e tornar as aulas mais agradáveis aos alunos, partindo do pensamento de que as aulas podem ficar mais atraentes se contiverem itens dos quais os alunos não estão acostumados. Já que em aulas

tradicionais a apresentação é feita oralmente e exposta em lousa, seguida de aplicações e trabalhos em exercícios.

Apresentar conceitos através do uso de computadores poderia também aproximar as aulas da sociedade tecnológica da qual os alunos fazem parte. Esta sociedade compartilha informações e pensamentos através da rede mundial de computadores. Em seu artigo (PINTO, 2006, p. 24) denomina a nova geração de jovens de geração *alt-tab*.

Durante os anos de 1980, os da “era acadêmica” da Internet, estabeleceu-se uma nova forma de aprendizado que resultou na proposição de novas relações sociais com o saber, favorecendo percursos bastante personalizados, mas construídos, em larga medida, através da socialização e da colaboração. Era o início da experiência de uma potencial troca permanente. Formaram-se novas “tribos” e abriu-se, ao mesmo tempo, espaço fecundo para as relações plurais e, em todos os aspectos, multirreferenciais. A escola, e voltamos aqui a falar dela, passa a ter que conviver com uma meninada que se articula nas diversas tribos, que opera com lógicas temporais diferenciadas, uma juventude que denominamos, em outros textos, de geração *alt+tab* uma geração de processamentos simultâneos...(PINTO, 2006,p. 24)

Mas para incluir o uso de softwares educativos em aulas normais foi necessário conhecer melhor as instalações e o funcionamento da instituição para saber se ali existiam equipamentos necessários para atender às necessidades das aulas com softwares educativos.

A escola Bayeux faz parte do Centro Paula Souza, abrigando uma instituição de ensino médio com nove salas e alguns cursos técnicos, e é uma amostra da situação atual das escolas da rede pública de ensino no estado de São Paulo.

Como estagiário de Prática de Ensino pude observar que os laboratórios de informática são equipados com computadores modernos. Há um anfiteatro para apresentações de vídeos ou palestras para grande público (mais de 100 pessoas) e uma sala de aula dedicada a aulas com recursos de hipermídia para pequenas turmas (por volta de 40 alunos). A escola conta ainda com equipamentos de projeção multimídia portáteis e de fácil instalação que podem ser instalados por qualquer pessoa ciente do funcionamento dos mesmos. Além de uma rede e internet distribuída para toda a área compreendida pelas construções da instituição.

Pode-se perceber que as instalações na escola Bayeux suprem as necessidades de ensino das escolas de ensino médio regular. Se tomada como um padrão, é possível considerar favorável ao uso de equipamentos pelos professores. Desta forma é possível elaborar apresentações que façam uso dos computadores e materiais de hipermídia como possibilidades de trabalho didático e implantar estas apresentações nesta instituição.

Entretanto simplesmente oferecer o material ao professor não garante que ele estará disposto a utilizá-lo. A existência de projetores portáteis não capacita o professor a trabalhar

de maneira positiva com tais equipamentos se ele não estiver familiarizado com a utilização do mesmo. E com a disposição de tais equipamentos para os professores existem fatos que os podem fazer hesitar no momento de levar o material de projeção para a sala de aula. Solicitar o empréstimo do equipamento se este não está disposto ao professor na sala comum aos professores é um procedimento que dispense demasiado tempo, que poderia ser aproveitado com aulas em exposição em lousa. Embora portáteis os projetores multimídia têm massa considerável ( dois quilogramas) e não têm utilidade sem conexão a um computador que não existe nas salas de aula. O professor deve caminhar até a sala carregando notebook e projetor multimídia além de seu material habitual, como caderneta e livros.

Como estagiário tive a experiência de solicitar ao funcionário da instituição os equipamentos de reprodução multimídia e entendi que esta é a política da instituição de controle dos equipamentos de maior valor e uma forma de assegurar a preservação do patrimônio público, assim como sua eventual manutenção. Tal política de controle não é um encargo para o professor quando necessita fazer o uso destes equipamentos, o fato desgastante é o tempo adicional para fazer tal solicitação. Além disso, o conhecimento que o professor deve ter para fazer a instalação adequada do equipamento na sala de aula já que não existem técnicos à disposição dos professores para dar apoio nestes momentos necessários. Tais circunstâncias talvez justifiquem que não eram frequentes as aulas em que existam integração do uso de material multimídia e exposição em lousa, seja da disciplina de Física como de outras.

Não é a pretensão do presente trabalho solucionar o problema dos professores para a utilização dos equipamentos multimídia na escola Bayeux. Mas a descrição do fato acima reforça que embora existam investimentos para a inclusão digital nas escolas de rede pública de ensino, não existem garantias de que tais materiais sejam utilizados para melhoria da qualidade de ensino nestas instituições.

## Dificuldades para iniciar o trabalho

Para trabalhar de maneira eficaz com qualquer instrumento em atividades didáticas o professor deve planejar qual o tipo de atividade será realizada e qual será o papel do instrumento dentro da atividade. Assim, para elaborar o presente trabalho tive que buscar algumas alternativas de inclusão dos softwares dentro das atividades didáticas ou aulas normais, e cheguei a três alternativas interessantes que merecem descrição.

Uma estratégia foi incluir os softwares nas aulas normais que eu ministraria como membro do grupo de estágio. Estas aulas seriam de apresentação oral e exposição em lousa, e o papel dos softwares neste tipo de apresentação seria para ilustração animada de conceitos que nos livros são apresentados de forma textual ou figuras inanimadas. Seria necessário então a utilizar os projetores multimídia disponíveis junto com o notebook. Estes materiais seriam levados e instalados em sala da aula, para projetar a apresentação dos softwares na lousa de forma a ficarem visíveis a todos os alunos da turma. Desta forma a utilização dos softwares neste tipo de apresentação está relacionada aos experimentos de cátedra.

Experiências de cátedra foram definidas como experiências realizadas pelo professor durante ou depois da exposição teórica de um tópico e que são de sua inteira responsabilidade. Nesta visão, é possível ampliar o conceito de simulação prática ou experiência de cátedra como uma atividade que possa ajudar o professor a mostrar um fenômeno possivelmente novo ou desconhecido, e fazer participar os alunos inserindo-os no processo de aprendizagem. Os alunos, mesmo aqueles menos desenvolvidos por falta de estímulos do ambiente, terão a possibilidade de observar, junto com os colegas, situações-problema. Estas experiências de cátedra, como as simulações práticas, são estratégias que colocam o aluno bem próximo a situações reais e que possibilitam um retorno (*feedback*) imediato acerca dos conteúdos teóricos discutidos em sala de aula, mostrando aplicações diretas e imediatas. (ARRIGONE, 2011, p. 69)

Segundo Arrigone (2011) a apresentação do experimento de cátedra deve ser elaborada com antecedência e o momento da apresentação do experimento deve estar bem definido, de forma que o tempo necessário para a apresentação não seja excedido. Do mesmo modo as aulas de estágio eram preparadas previamente e o uso dos softwares se dava em momentos planejados dentro das exposições orais, ilustrando os conceitos durante a apresentação dos mesmos.

Outra opção encontrada para a inclusão dos softwares em atividades didáticas foi a elaboração de laboratórios virtuais de Física. Esta proposta leva em conta a preparação de um roteiro experimental e os alunos, equipados com computadores, trabalham em grupos de maneira semelhante ao laboratório tradicional de Física, onde o grupo fica sentado em bancadas e realizam os procedimentos descritos nos roteiros. Ao mesmo tempo em que aproxima o estudante de ensino médio das atividades de um laboratório tradicional de ciências, esta proposta tornaria os alunos mais familiarizados com o uso dos softwares educativos, já que ficariam livres para a utilização dos softwares seguindo os procedimentos descritos no roteiro experimental.

Para realizar o laboratório virtual de Física seria necessário ocupar um dos laboratórios de informática existentes na escola Bayeux. Esta atividade deveria ser realizada em períodos

inversos às aulas normais das turmas de ensino médio, pois não havia tempo hábil para a realização de tais atividades em aulas de cinquenta minutos. Então foi necessário conhecer melhor o funcionamento e a rotina de uso dos laboratórios e descobrir se havia possibilidade da aplicação das atividades nos mesmos.

Com a existência de cursos técnicos na instituição Armando Bayeux os laboratórios de informática ficavam ocupados nos períodos em que seria possível a aplicação das atividades mencionadas na segunda proposta de trabalho. Sendo que todos os computadores disponíveis estavam configurados com o software *Deep Freeze*, que remove todos os arquivos recém-instalados nos computadores toda vez que são reiniciados. Portanto não seria possível a instalação de alguns softwares educativos, de interesse no presente trabalho, nos computadores dos laboratórios de informática.

Ficou evidente que não seria possível a realização dos laboratórios virtuais de Física, mesmo assim outra estratégia de uso dos softwares foi encontrada. Com interesse de ampliar as possibilidades de aplicação dos softwares didáticos no ensino de Física optei por selecionar um pequeno grupo de alunos do segundo ano do ensino médio, para então elaborar outras atividades que levavam o uso efetivo de softwares didáticos, com a intenção de melhorar o desempenho escolar destes alunos.

Retomando a incumbência dada ao grupo de estagiários, identifiquei alguns alunos com baixo rendimento na disciplina Física e os selecionei para compor o grupo do qual eu faria as aulas com uso mais efetivo de softwares didáticos. Esta seria uma tentativa de melhorar o desempenho dos alunos selecionados, já que não tinham bom rendimento e uma das causas deste baixo rendimento escolar poder ser a forma como são expostos os conceitos em aula normal. Então quatro alunos foram selecionados e as aulas foram aplicadas em períodos inversos aos das aulas normais para não atrapalhar o trabalho destes alunos em outras disciplinas.

A forma de utilização dos simuladores foi semelhante ao das aulas normais onde eram apresentados como experimentos de cátedra. Para isso então foi necessário a utilizar apenas um notebook e um projetor multimídia portátil. Os softwares foram projetados na lousa de forma que todos os alunos pudessem observa-los.

Embora semelhante estas apresentações não podem ser classificadas como apresentações de experimentos de cátedra, já que as aulas foram planejadas para que os alunos também trabalhassem com o uso dos softwares e não somente eu como professor. Então farei nas próximas sessões deste trabalho a descrição de como as aulas ocorreram e como os softwares didáticos compuseram as atividades. Estas apresentações são algumas alternativas

das quais os professores podem utilizar quando pretender trabalhar com softwares educativos em atividades didáticas e com o mínimo de material multimídia necessário.

## Seleção dos Temas para as Apresentações.

Antes de selecionar qualquer material didático e software educativo para incluir nas atividades que eu faria com o grupo de alunos, foi necessário selecionar o tema central da aula que seria apresentada. O tema selecionado estava sendo apresentado nas aulas normais, desta forma os trabalhos com o grupo, através dos softwares, serviria para reforçar o trabalho aplicado em aula normal na turma do segundo ano do ensino médio e não prejudicar este trabalho, contribuindo para o desempenho escolar dos membros do grupo selecionado.

A forma de seleção do tema a ser apresentado foi a mesma para todas as apresentações e atividades com o grupo, descritas no presente trabalho. Trabalhar os conteúdos que estavam sendo aplicados nas aulas normais.

## Software ou Simulação?

Neste estudo procuro refletir como os Softwares Educacionais poderiam auxiliar no Ensino de Física na Educação Básica. Com características de pesquisa qualitativa de caráter exploratório, com um trabalho de observação direta e aspectos de pesquisa etnográfica, o presente trabalho apresenta alternativas para a inclusão de softwares educativos no Ensino de Física.

Alguns autores referem a estes softwares como Objetos de Aprendizagem (OA), mas neste trabalho usarei os termos software educacional e simulação. A partir de agora, quando me refiro a software estarei me referindo ao programa de computador que estará em descrição. Estes **softwares** contêm ferramentas que possibilitam interatividade com os sistemas físicos que estão sendo **simulados** por eles. Portanto quando me referir a **simulação**, estarei me referindo ao sistema físico ou experimento, o qual o software faz a simulação.

# CAPÍTULO

## 2. A Conservação da Energia Mecânica

### Resumo

Neste capítulo está descrito a apresentação dos conceitos relativos à Conservação da Energia mecânica, e a descrição da abordagem de tal conceito a partir do uso do software *Parque Energético para Skatistas* como instrumento de ensino.

### Physics Education Technology (PhET)

No período em que o primeiro encontro para trabalho com o grupo selecionado ocorreu os conteúdos que estavam sendo aplicados nas aulas normais fazem parte do conteúdo apresentado em mecânica, mais precisamente Conservação da Energia Mecânica. Busquei na rede mundial de computadores alguns softwares educativos que beneficiariam a apresentação ao grupo, pelas ferramentas e interatividade do software, e pudesse ilustrar de forma visual os conceitos apresentados na aula.

Dentre alguns sites pesquisados e alguns softwares analisados, selecionei o simulador didático *Parque Energético para Skatistas*. O motivo desta seleção é a quantidade de ferramentas existentes no software que possibilitam uma grande interatividade com o sistema simulado, além da possibilidade da visualização gráfica, quantitativa e qualitativa, da situação que é representada pelo software durante a simulação.

O software *Parque Energético para Skatistas* pode ser encontrado no repositório de softwares educativos conhecido como PhET, sigla em inglês para Physics Education Technology. Este acervo de softwares é desenvolvido pela Universidade do Colorado (E.U.A.) e é encontrado no endereço eletrônico [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/new](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new), que encaminha o usuário diretamente para a página do acervo de softwares didáticos, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Página de acesso ao acervo de softwares didáticos PhET (*Physics Education Technology*); O software desejado pode ser buscado por assuntos através da barra de navegação à esquerda da tela.

O usuário pode encontrar o software *Parque Energético para Skatistas* por assuntos. Basta selecionar a disciplina *Física* na barra de navegação à esquerda da tela do site, selecionar os temas *Trabalho, Energia & Potência* e encontrar o software dentre os apresentados, que têm relação com o tema selecionado. Neste acervo, como mostra a **Figura 1**, não é somente o software *Parque Energético para Skatistas* que pode ser utilizado para abordar conceitos sobre Energia e Conservação da Energia, mas especificamente o software *Parque Energético para Skatistas* foi concebido para a apresentação deste tema (fonte: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-skate-park](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park)), assim foi escolhido entre os demais para apresentar tais conceitos, já que eram os conceitos-foco das atividades realizadas com o grupo de alunos no primeiro encontro.

## Acesso ao Parque Energético para Skatistas

O endereço eletrônico [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-skate-park](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park) encaminha o usuário para a página de acesso ao simulador *Parque Energético para Skatistas*, é a página apresentada na **Figura 2**.

The screenshot shows the PhET website interface. At the top, there's a banner with the PhET logo and 'Interactive Simulations UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER'. Below the banner is a search bar with the text 'Busca'. The main content area is titled 'Parque Energético para Skatistas'. On the left, there's a navigation menu with categories like 'Simulações', 'Física', 'Movimento', etc. The central part shows a simulation interface with a skater on a track and a graph. Below the simulation, there are two buttons: 'Copiar' (labeled with a red circle and the number 2) and 'Use Já!' (labeled with a red circle and the number 1). To the right of the simulation, there's a text box with instructions in Portuguese and a 'Doe à PhET' button. Below the simulation, there's a section for 'TEACHING RESOURCES' with 'Tópicos Principais' and 'Alguns Objetivos de Aprendizagem'. To the right of this section, there's a 'Veja Abaixo' section with links for 'Versões Traduzidas', 'Requisitos de Programas (Software)', and 'Créditos'. At the bottom right, there's a logo for JILA and AMO Physics Center.

Figura 2: Tela de Acesso ao simulador *Parque Energético para Skatistas*; endereço eletrônico: [phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-skate-park](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-skate-park); Em destaque os botões **Use Já!**(1) e **Copiar**(2).

Para abrir o simulador, quando o usuário estiver na tela de acesso ele pode optar por trabalhar com exibição online ou fazer uma cópia do arquivo de execução do software. A diferença entre exibir o software online e fazer uma cópia do mesmo é que com a exibição online nenhum arquivo ficara armazenado no computador, mas sempre que o usuário tiver a intenção de utilizar o software será necessário acesso à internet para utiliza-lo. Já com a opção de fazer uma cópia do software, uma vez que o arquivo foi copiado para o computador do usuário, não será mais necessário o acesso à internet para executá-lo, basta executar o arquivo que foi copiado para o computador. É bom lembrar que todos os simuladores dispostos no acervo PhET são gratuitos e de livre acesso, sem qualquer custo adicional ao usuário.

Se o usuário tem a intenção de trabalhar com exibição online do software basta clicar no botão verde **Use Já!** (1 na **Figura 2**) e uma nova janela de exibição será aberta em seu navegador para execução do software. Optando por ter uma cópia do software deve-se seleccionar o botão azul **Copiar** (2 na **Figura 2**) e executar o software a partir da pasta de destino onde o software foi copiado para o computador.

## Ferramentas do *Parque Energético para Skatistas*

A **Figura 3** apresenta a tela de exibição do software *Parque Energético para Skatistas*. Pela Figura 3 é possível perceber à direita da tela do software a quantidade de ferramentas disponíveis para interatividade com o sistema físico simulado. Nesta seção serão apresentadas estas ferramentas antes de serem citadas com a utilização do software na próxima seção.

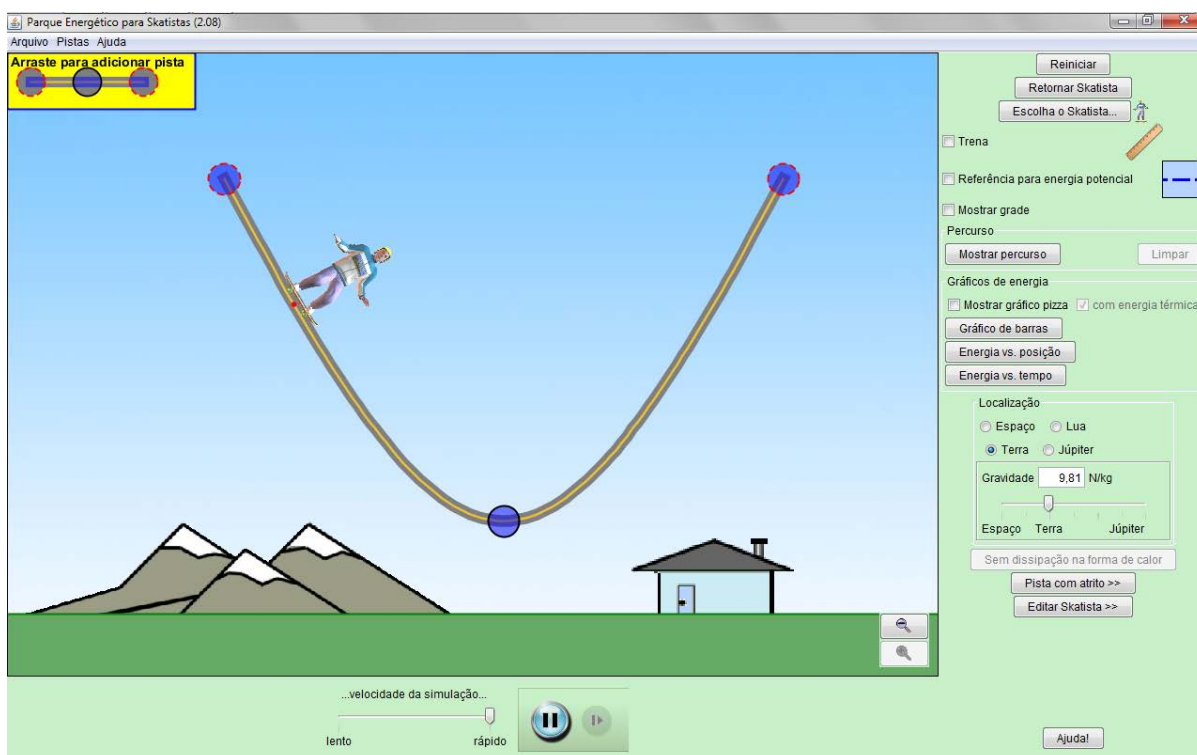


Figura 3: Tela inicial do PhET *Parque Energético para Skatistas*

## Barra de Ferramentas Gerais

A barra de ferramentas gerais está posicionada à direita da janela de execução do software, como destacado na **Figura 4**. Estarão dispostas a seguir as funcionalidades das opções e ferramentas dispostas na *Barra de Ferramentas Gerais*.

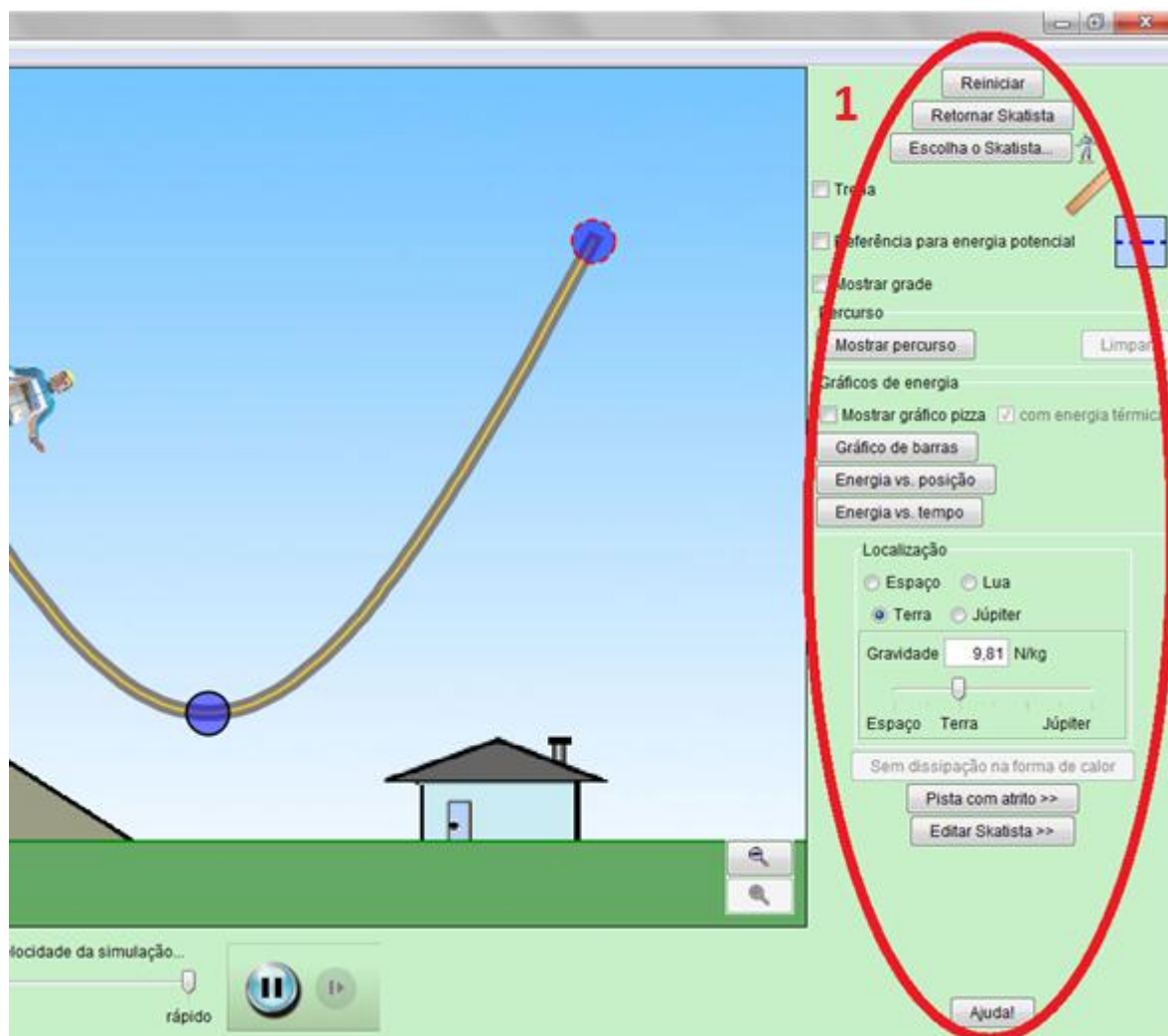


Figura 4: Software *Parque Energético para Skatistas*; Em (1) a *Barra de Ferramentas Gerais*.

- *Reiniciar*: Retorna todas as configurações e alterações feitas na simulação à forma de apresentação inicial da simulação, ou seja, forma como estavam todas as configurações no momento em que o software foi inicializado.
- *Retornar Skatista*: O skatista retorna a última posição onde foi colocado pelo usuário, se esta posição não foi alterada ele retorna à posição onde estava no momento em que o software foi inicializado.
- *Escolha o Skatista*: Este botão é muito útil para o usuário que pretende alterar o valor da massa do skatista e fazer um estudo comparativo. Neste botão não é possível editar qualquer valor de massa, são dispostos alguns “skatistas” com diferentes massas para serem escolhidos, como mostra a **Figura 5**.



Figura 5: Janela do botão *Escolha o Skatista* com todas as opções de escolha.

- *Trena*: Ativando a ferramenta *Trena* uma trena de medição aparece na tela do software. Esta trena pode ser utilizada para medir qualquer distância dentro da tela de exibição da simulação. Para colocá-la em qualquer lugar basta arrastá-la clicando sobre seu corpo. Segurando na extremidade pode-se alongar o comprimento da fita para medir a distância desejada. Como mostra a **Figura 6**.

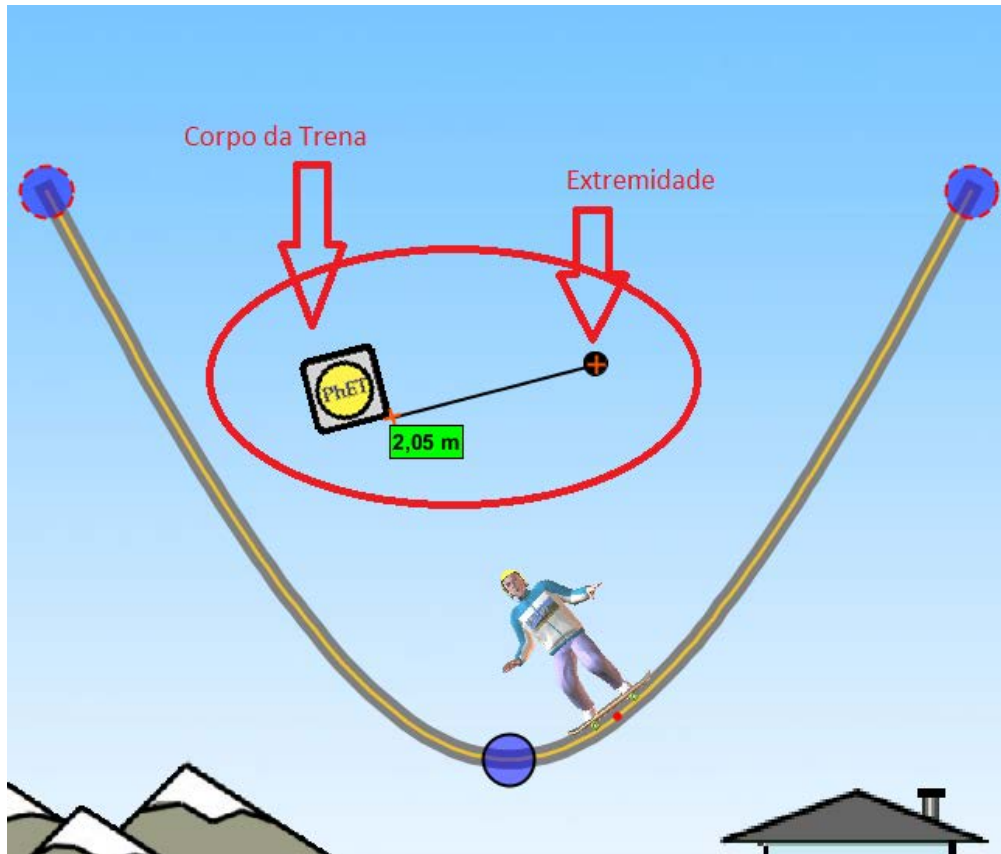


Figura 6: Software *Parque Energético para Skatistas*; Em destaque a ferramenta *Trena*.

- *Referência para Energia Potencial*: Ativando esta ferramenta será representado o referencial para a energia potencial gravitacional do skatista tracejado em azul, como mostra a **Figura 7**. Este referencial pode ser posicionado em qualquer local da tela de animação bastando selecioná-lo e arrastá-lo para a posição desejada.

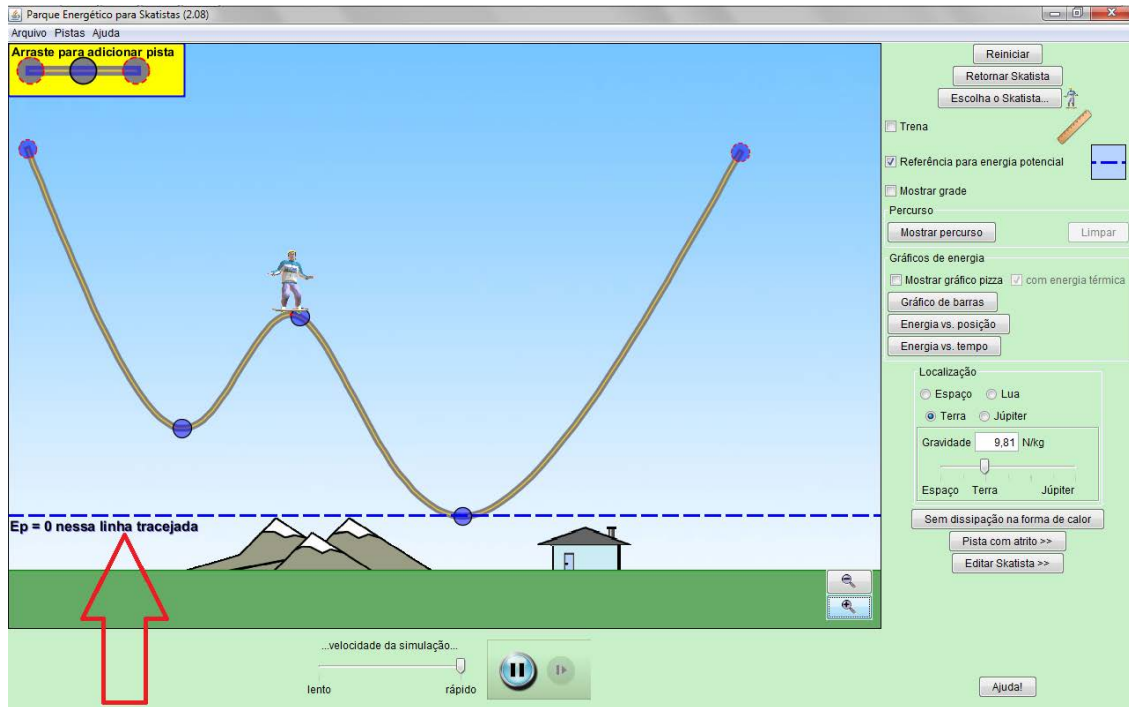


Figura 7: Software *Parque Energético para Skatistas*; indicação da linha tracejada que representa a posição do referencial para Energia Potencial Gravitacional.

- *Mostrar Grade*: Quando ativada esta opção faz aparecer uma grade graduada em metros por toda a tela de exibição da animação, como mostra a **Figura 8**. Esta grade pode ser para fazer medidas de distância.

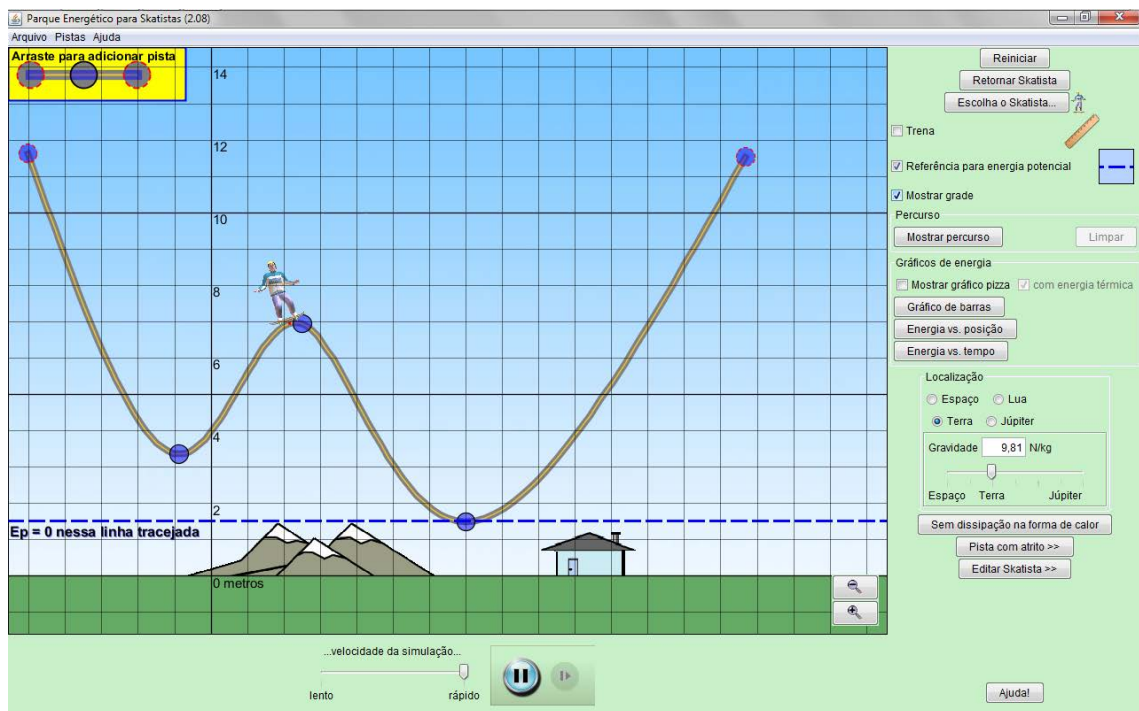


Figura 8: Ativação da grade graduada em metros na tela de exibição da animação.

- Botão **Mostrar Percurso**: Ativa a exibição do percurso do skatista como mostra a **Figura 9**. O percurso é desenhado em pontos rosados que aparecem em intervalos de tempo iguais.

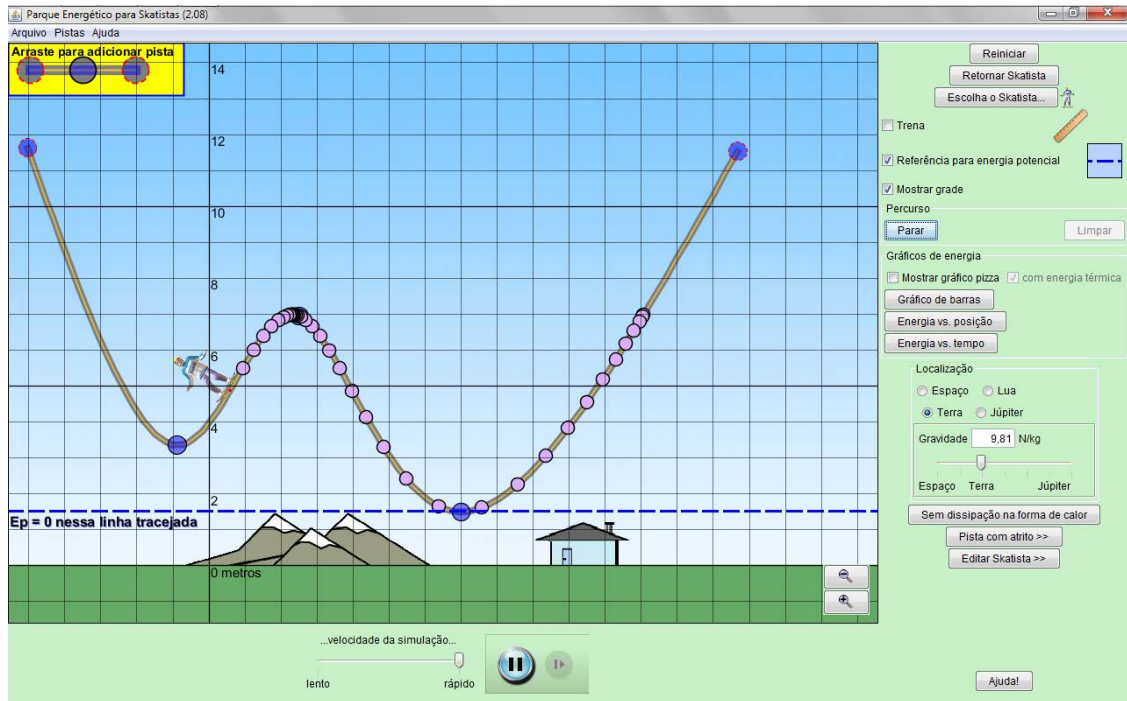


Figura 9: Ativação da Exibição do Percurso do Skatista pelo botão *Mostrar Percurso*. O percurso é desenhado pelos pontos rosados que aparecem em intervalos de tempos iguais na simulação.

## Gráficos de Energia

A barra de gráficos contém alguns botões para exibição de diferentes tipos de gráficos. São umas das principais ferramentas do software *Parque Energético para Skatistas*. Os diferentes tipos de gráficos oferecidos estão descritos em seguida.

- Gráfico de Pizza: Ativando esta opção um gráfico em formato de pizza aparecerá acima da cabeça do skatista como mostra a **Figura 10**. Este gráfico não tem indicação de valores numéricos, só demonstra visualmente a relação entre as energias envolvidas no sistema.

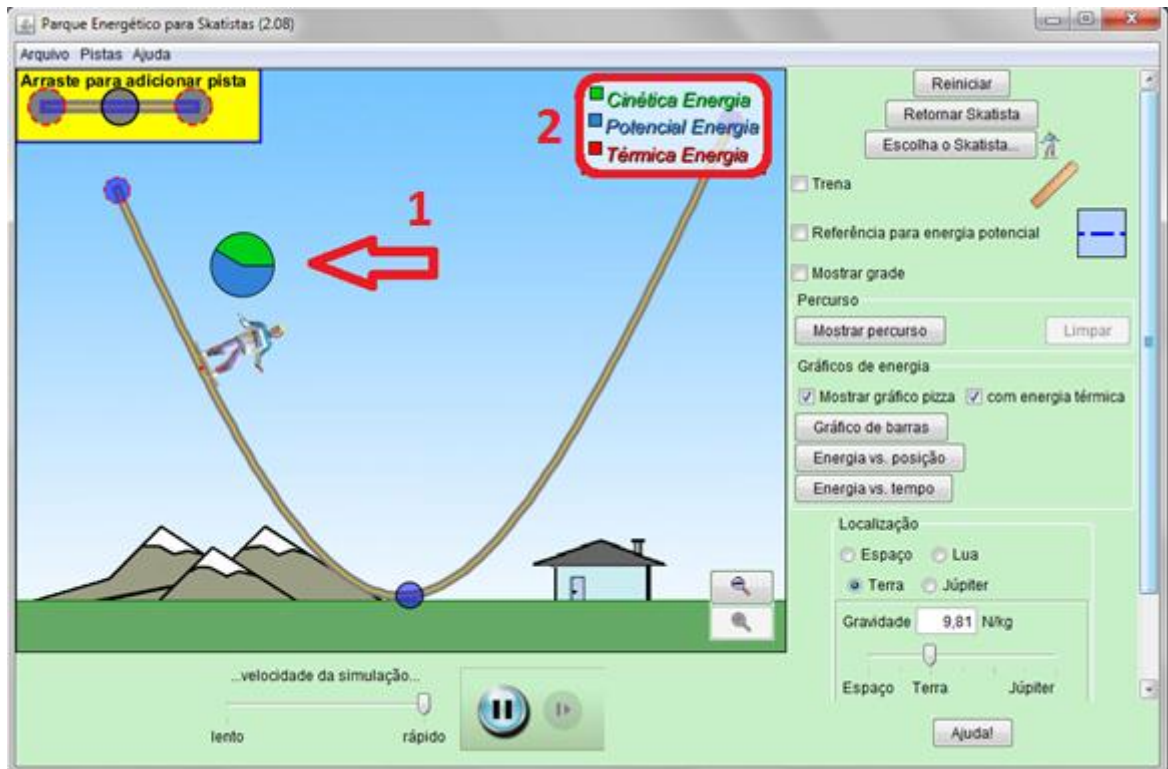


Figura 10: Software *Parque Energético para Skatistas*; Indicado em (1) o gráfico em forma de pizza acima da cabeça do skatista, em destaque em (2) a legenda do gráfico de pizza.

- *Gráfico de Barras*: Esta opção ativa a exibição de **gráfico de barras** para comparação qualitativa entre Energia Total, Energia Cinética, Energia Potencial e Energia Térmica, como mostra a **Figura 11**.



Figura 11: Software *Parque Energético para Skatistas*; Destacado em (1) a janela de exibição do *Gráfico e Barras*.

- *Energia VS. Posição*: Esta opção ativa a exibição de um gráfico que demonstra durante a execução da simulação os valores de Energia Mecânica, Potencial Gravitacional, Cinética e Térmica em função da posição do skatista, como mostra a **Figura 12**.

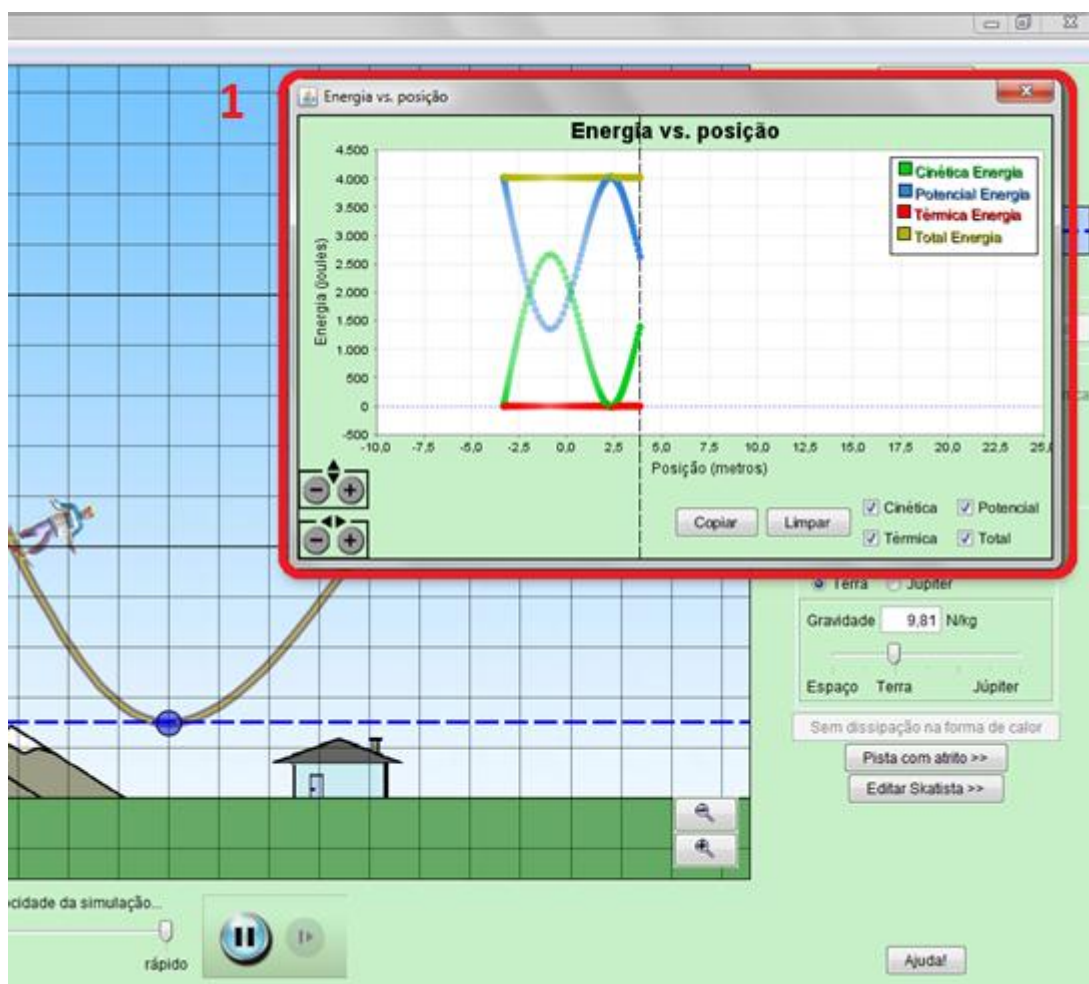


Figura 12: Software *Parque Energético para Skatistas*; Destacado em (1) a janela do gráfico *Energia vs. Posição*.

- *Localização*: Esta ferramenta coloca a pista de skate em determinados ambientes simulando a Gravidade de cada ambiente. O *Parque Energético para Skatistas* tem como localização para simulação as opções: Terra, Lua, Júpiter e o Espaço como mostra a **Figura 13**.

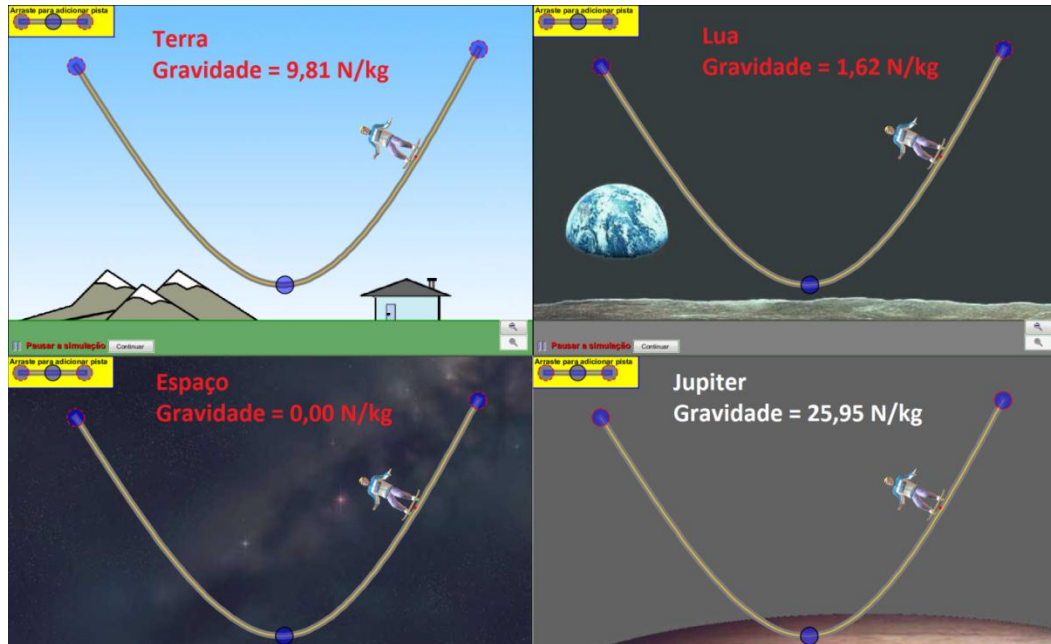


Figura 13: Diferentes opções de localização para o ambiente de simulação gravitacional no *Parque Energético para Skatistas*.

Também é possível simular qualquer valor de Gravidade entre zero e 30 N/kg. Este valor pode ser escolhido através do arraste do ponteiro na *Barra de Ferramentas Gerais* como destacado na **Figura 14**.



Figura 14: *Parque Energético para Skatistas*; Destacado em (1) o ponteiro de edição do valor da Gravidade no ambiente de simulação.

- *Pista com Atrito*: Ativando esta opção uma ferramenta de edição para o coeficiente de atrito da pista de skate aparecerá como destacado na **Figura 15**. Semelhante ao ponteiro de edição da Gravidade no ambiente da simulação a edição de coeficiente de atrito da pista escolhe valores entre **Pouco** e **Muito**, mas não é possível

visualizar o valor numérico. O resultado do aumento do coeficiente de atrito da pista de skate é a dissipação de Energia Mecânica em forma de Energia Térmica, como mostra a **Figura 15**.

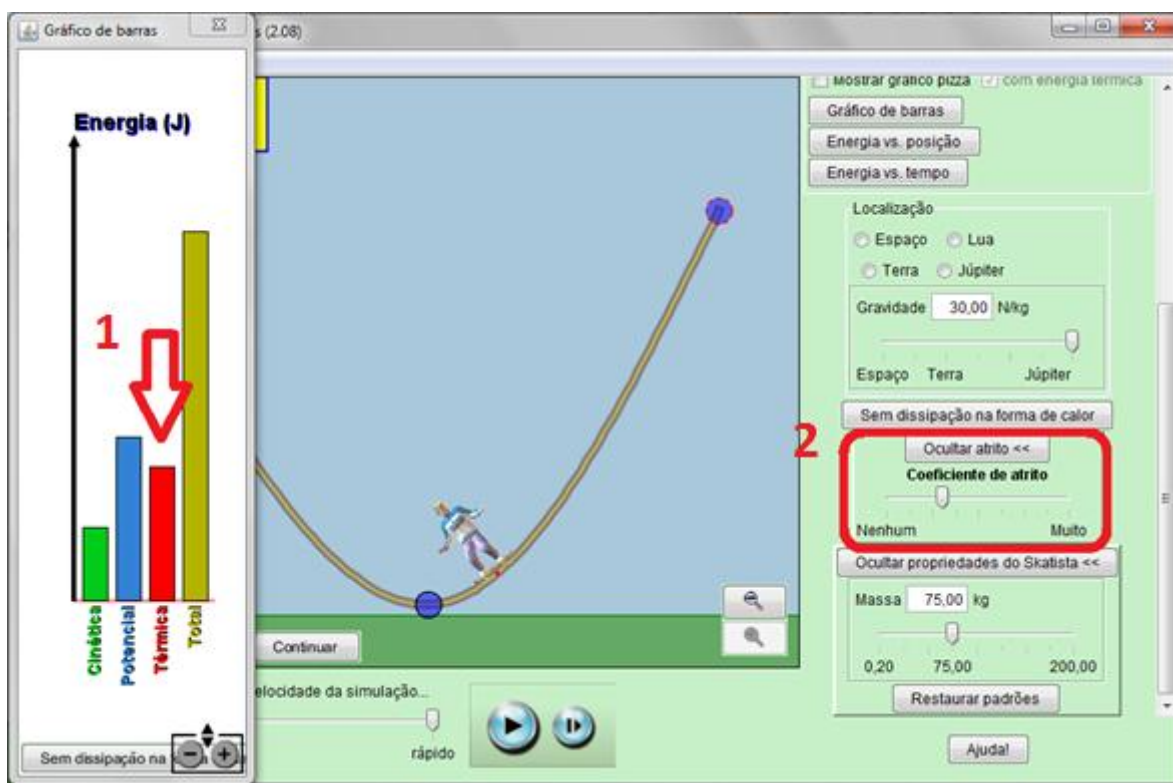


Figura 15: Software *Parque Energético para Skatistas*; Destacado em (2) a ferramenta de edição do Coeficiente de Atrito da pista de skate. Indicado em (1) o gráfico é para o aumento da Energia Térmica.

- *Editar Skatista*: Esta opção ativa uma ferramenta de edição da massa do skatista da simulação como mostra a **Figura 16**. Qualquer valor de massa pode ser escolhido entre 0,20 kg e 200 kg.

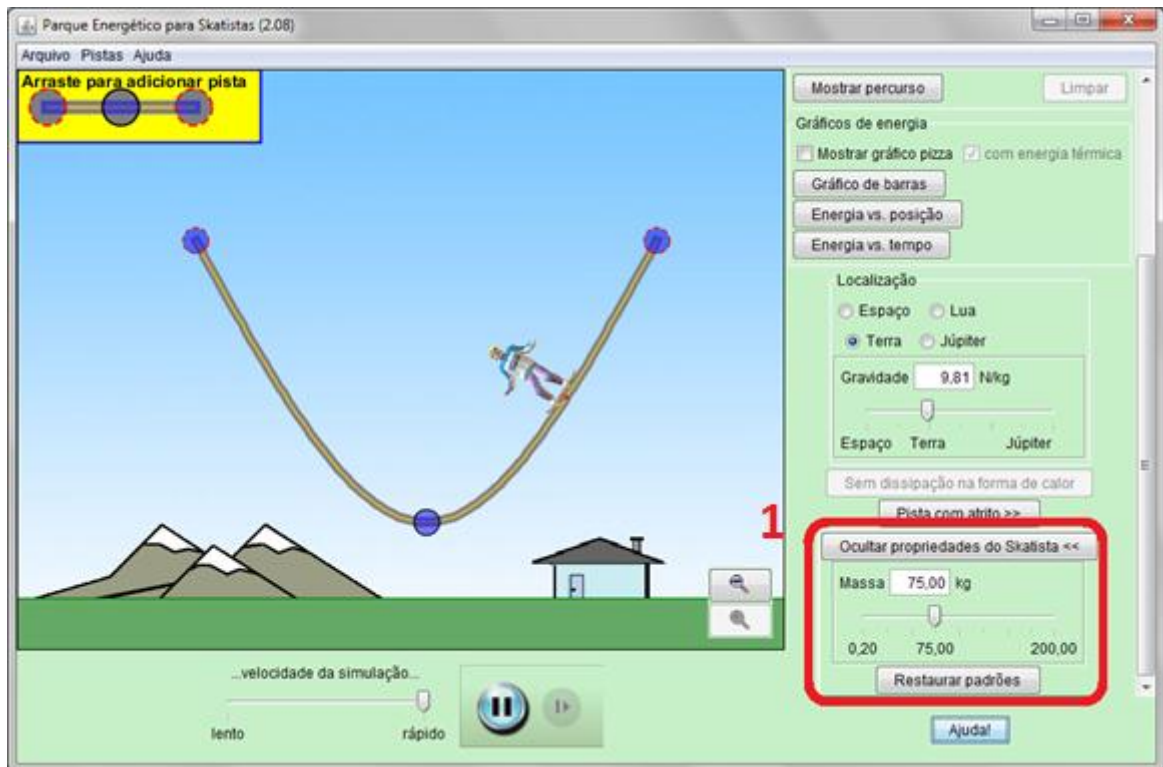


Figura 16: Software Parque Energético para Skatistas. Destacado em (1) a ferramenta de edição da massa do Skatista.

## Tela de Animação

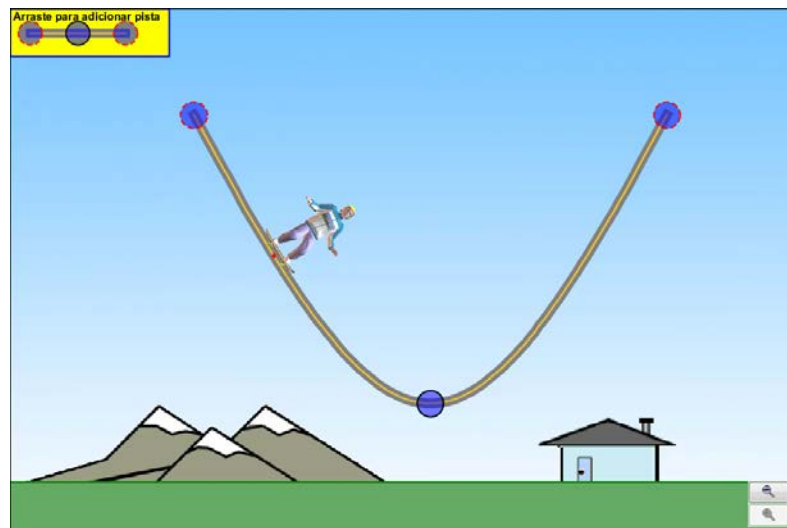


Figura 17: Tela de Animação do Parque Energético para Skatistas

Na tela de animação o usuário observa o skatista subindo e descendo a pista e interage com este movimento posicionando o skatista no local desejado.

- *Edição de Pista*: Esta ferramenta permite o usuário editar o formato da pista adicionando mais partes à pista existente. Para adicionar uma parte basta selecionar e arrastar a parte a partir do quadro amarelo (**Figura 18**) no canto superior esquerdo da

janela da simulação. As partes adicionais devem ser conectadas às extremidades da pista.



Figura 18: Partes para adicionar à Pista de Skate.

Para editar o formato da pista basta selecionar os círculos azulados da pista e arrastá-los para a posição desejada.

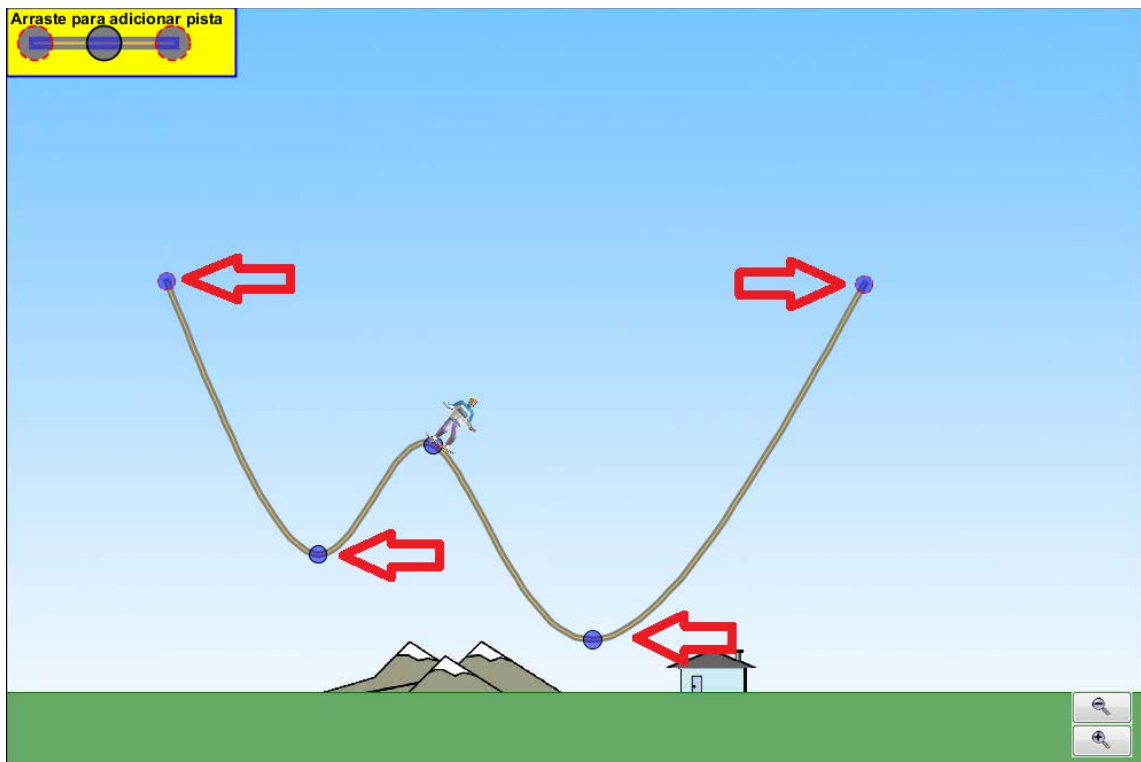


Figura 19: Tela de Animação do software *Parque Energético para Skatistas*. Pista modificada com o arraste dos pontos azulados indicados pelas setas.

- Controle de Animação

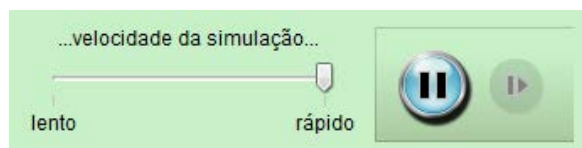


Figura 20: Ferramentas de Controle de Animação do simulador: Parque Energético para Skatistas

Com esta ferramenta o usuário controla a velocidade de exibição da animação, fazendo o skatista se mover mais lentamente, e pausa a animação no momento desejado. Esta ferramenta funciona como se fosse um controle de exibição de filmes.

## O uso do *Parque Energético para Skatistas* para abordagem de conceitos no nível de Ensino Médio

Antes de abordar o tema Conservação da Energia Mecânica, através do software *Parque Energético para Skatistas*, é interessante ressaltar a importância do tema na Física. O destaque feito pela obra de Paul G. Hewitt, que apesar de ser uma obra voltada para estudantes do ensino médio, se encaixa no contexto deste trabalho, pois as apresentações de conceitos físicos aqui descritos são feitas para esse nível de ensino.

De todos os conceitos da ciência, talvez o mais central seja o de energia. A combinação de energia com matéria forma o universo: matéria é a substância, energia é o que move a substância. A idéia de matéria é fácil de compreender. A matéria é o conteúdo que podemos ver, cheirar e tocar. Ela possui massa e ocupa lugar no espaço. A energia, por outro lado, é abstrata. Não podemos ver, cheirar ou tocar a maioria das formas de energia. É surpreendente, mas a idéia de energia foi ignorada por Isaac Newton e sua existência ainda era objeto de debates pelos idos de 1850. (HEWITT, 2002, p. 114)

Seguindo com o trecho da obra de Paul A. Tipler, também é dada a importância devida ao conceito de energia.

Energia é um dos conceitos unificadores mais importantes da ciência. Todos os processos físicos envolvem energia. A **energia** de um sistema é uma medida de sua habilidade em realizar trabalho. (TIPLER, 2009, p. 171)

Como destacado pelos autores energia é um conceito central e de grande importância para o estudante que anseia pelo sucesso no mundo da Física. Mas sua natureza é abstrata e o entendimento de seu conceito pode ser algo difícil para o estudante recém-ingressante no ensino médio.

Embora todos os processos físicos envolvam energia, como destaca Tipler, darei ênfase somente à energia dos processos mecânicos, a Energia Mecânica.

A Energia Mecânica em um sistema é a capacidade desse sistema em realizar trabalho (TIPLER, 2009), e estudá-la é mais simples e eficaz se estudarmos seu processo de transformação. Entender como ela se comporta no universo mecânico pode ser um caminho para entender seu conceito mais abstrato (HEWITT, 2002).

Mais importante do que ser capaz de enunciar *o que é energia* é compreender como ela se comporta – *como ela se transforma*. Podemos entender melhor os processos e transformações que ocorrem na natureza se os analisarmos em termos de transformações de energia de uma forma para outra ou de transferência de um lugar para o outro. A energia é a maneira

que a natureza dispõe para prosseguir o jogo. Os processos da natureza são melhor compreendidos quando analisados em termos das variações de energia. (HEWITT, 2002, p. 119)

Para apresentar o conceito de Conservação da Energia Mecânica serão utilizados textos da obra de Paul G. Hewitt e do autor Paul A. Tipler, em comparação com a apresentação em forma de simulação física através do software educativo *Parque Energético para Skatistas*.

## Energia Cinética

A energia associada ao movimento de um corpo ou partícula é chamada de energia cinética. Uma grandeza escalar dada pela equação:

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

A energia cinética depende apenas com a rapidez do corpo e de sua massa, não havendo dependência da direção do movimento do objeto.

Com o uso do software *Parque Energético para Skatistas* pode ficar mais evidente esta relação se o usuário utilizar as ferramentas gráficas ali existentes. Não existe indicação da velocidade de movimento do skatista no software, mas pode ser notada a variação desta velocidade com a ferramenta *Mostrar Percurso*. A **Figura 21** mostra o software com as ferramentas necessárias para fazer a análise da relação entre a velocidade do skatista e sua Energia Cinética. A configuração do gráfico de *Energia vs. Posição* leva em conta que somente a curva de energia cinética está sendo utilizada.

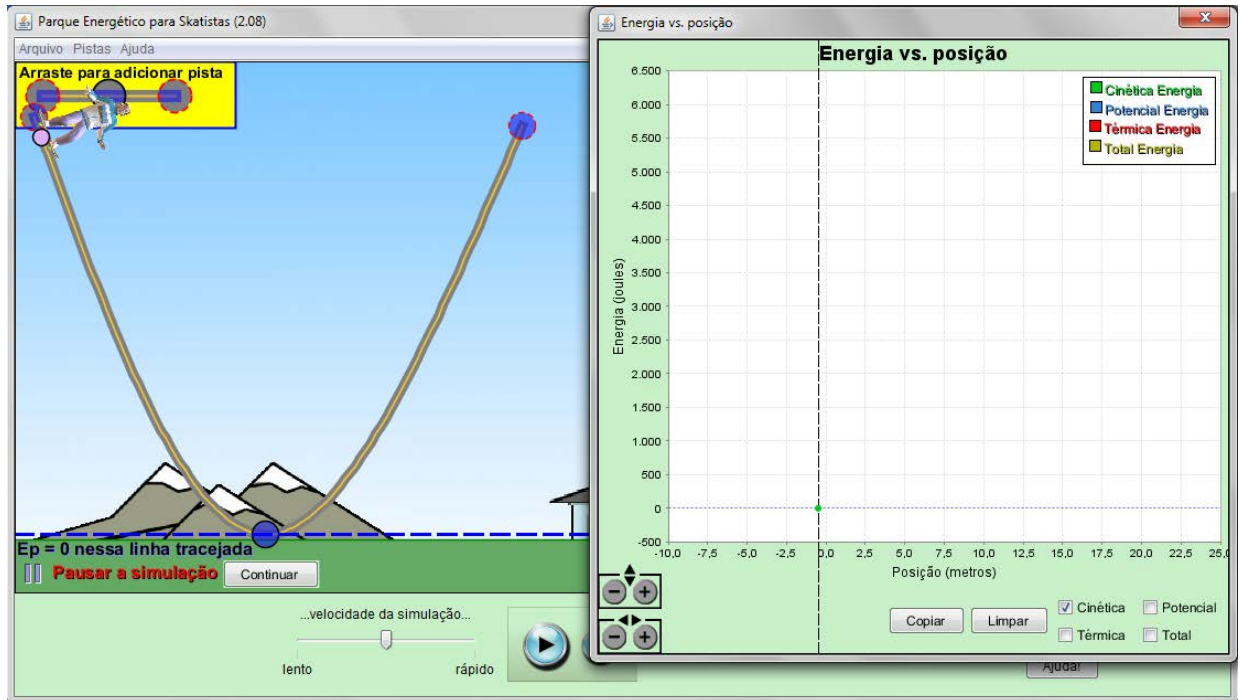


Figura 21: Software *Parque Energético para Skatistas*; Skatista no início do movimento de descida.

Na **Figura 21** o skatista está em seu ponto mais elevado e sua velocidade é nula, é o ponto onde ele principia o movimento de descida na pista.

Como mostra a ferramenta gráfica Energia vs. Posição a energia cinética do skatista tem valor zero Joule.

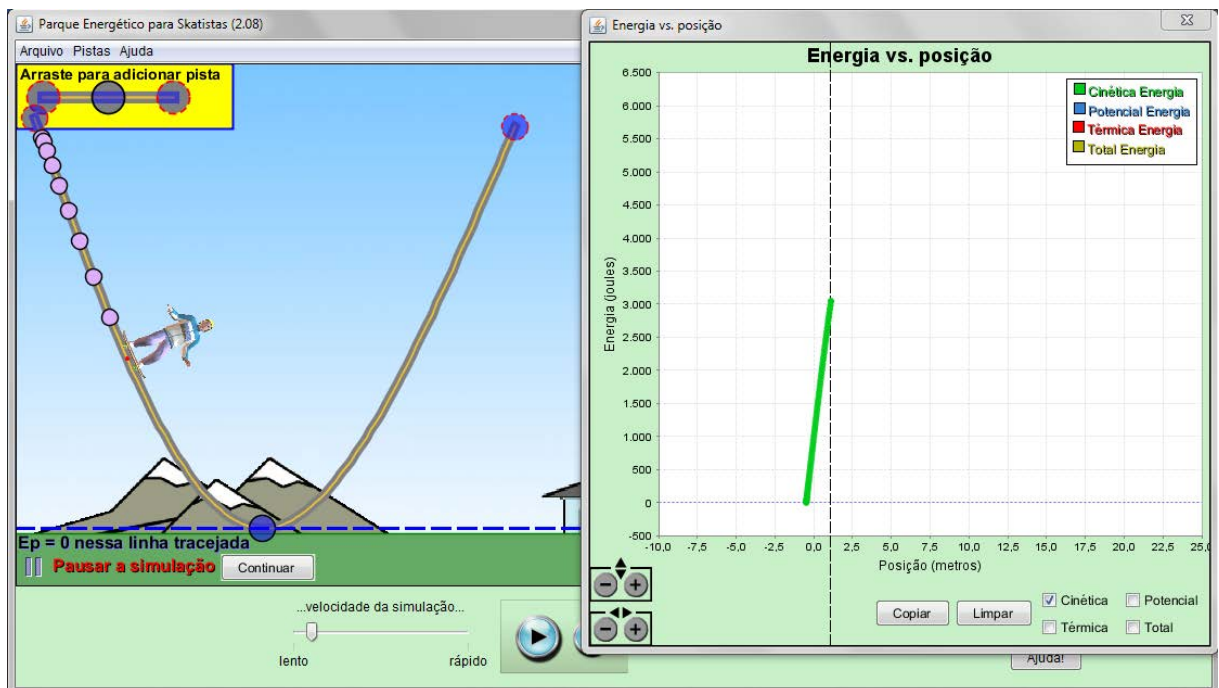


Figura 22: Software *Parque Energético para Skatistas*; Skatista na metade do percurso de descida

A **Figura 22** mostra o skatista aproximadamente na metade da altura da pista. Neste momento é possível notar que a curva de Energia Cinética no gráfico já está elevada e a

energia cinética do skatista neste ponto é aproximadamente 3000 J. Reparando no percurso de descida do skatista notamos um maior distanciamento entre os pontos, entre o início e os pontos até agora marcados.

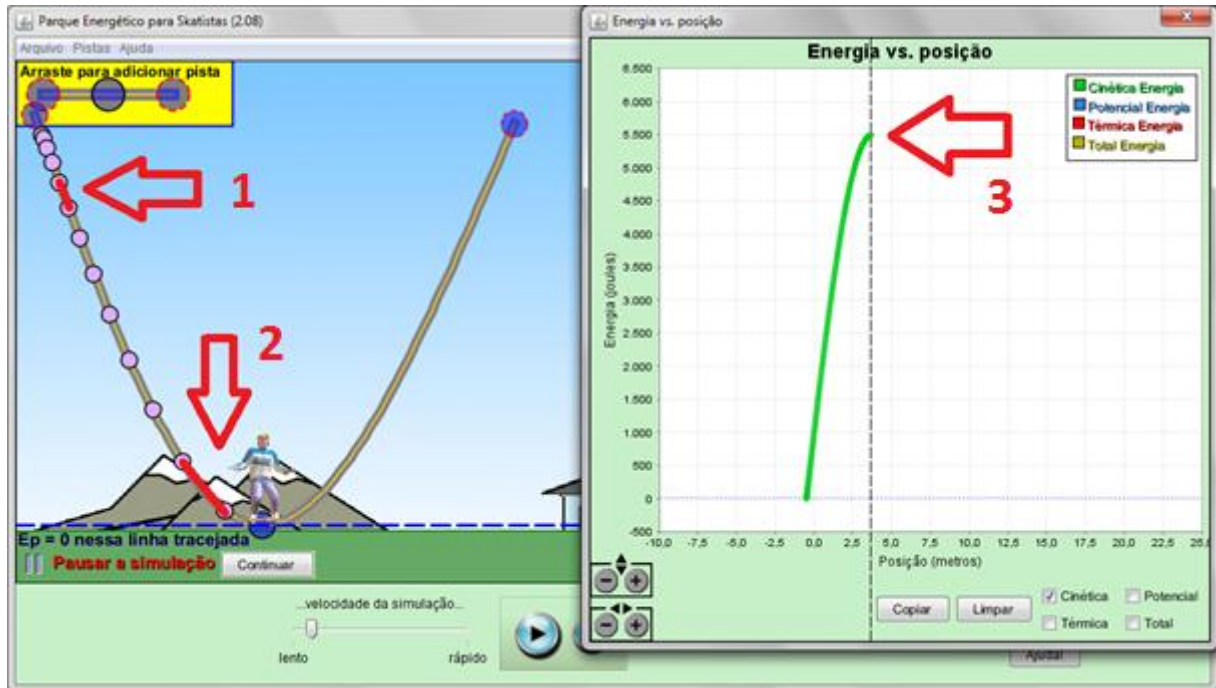


Figura 23: Software *Parque Energético para Skatistas*; Skatista no ponto mais baixo da pista. (1) indica a distância entre os pontos do traçado no início do movimento de descida. (2) indica a distância dos pontos do traçado nas posições mais rápidas de movimento. (3) indica o valor da Energia Cinética do Skatista em sua posição.

A **Figura 23** foi editada para indicar os pontos importantes a serem analisados.

As duas setas que apontam para a pista de skate indicam o leitor a verificar o distanciamento entre os pontos que marcam a trajetória do skatista. Como estes pontos são marcados em intervalos de tempo **iguais**, no fim do movimento a velocidade é maior que no início, pois o distanciamento dos pontos no fim do movimento é maior que no início. Assim verifica-se que a velocidade do skatista está aumentando.

Junto com o aumento da velocidade ocorre o aumento da energia cinética do skatista. Isto pode ser verificado no gráfico *Energia vs. Posição* pela posição atual do skatista. A posição do skatista é representada pela linha vertical tracejada que corta todo o gráfico. Nesta posição o skatista tem energia cinética de valor 5500 J.



Figura 24: Software *Parque Energético para Skatistas*; Skatista retomando o movimento de descida. Indicado em (1) e (2) as distancias dos pontos do traçado de percurso. Em (3) o valor no gráfico de Energia Cinética.

A **Figura 24** é referente à posição onde o skatista alcançou o ponto mais elevado da pista novamente. Neste ponto sua velocidade é nula e ele inicia novamente o movimento de descida.

Estão indicados na **Figura 24** novamente os pontos de maior interesse para análise. Sendo que o início do movimento de subida o distanciamento dos pontos que marcam a trajetória do skatista é maior que no fim deste movimento, então a velocidade neste início de movimento é maior que a velocidade no seu fim.

Já pelo gráfico é possível perceber que a Energia Cinética do skatista teve ser valor máximo na posição em que o skatista estava no ponto mais baixo da pista. Ou seja, a energia cinética era máxima quando a velocidade do skatista era máxima. Agora, como o skatista inicia o movimento de descida novamente, portanto sua velocidade é nula, a Energia Cinética neste ponto é nula.

A análise do movimento do skatista nos pontos mostrados nas figuras 21, 22, 23 e 24, permite o usuário verificar a dependência entre a Energia Cinética de um objeto e sua velocidade.

## Energia Potencial Gravitacional

A energia associada à posição da partícula em relação a uma referencial gravitacional é chamada de energia potencial gravitacional. Essa grandeza é dada pela equação:

$$U = mgh$$

A energia potencial gravitacional de um corpo depende apenas da elevação deste corpo em relação a um referencial, a massa deste corpo e a aceleração gravitacional da localização do corpo. Não havendo dependência com a velocidade, o corpo pode ou não estar em movimento e nas duas condições conter energia potencial gravitacional.

A relação entre a Energia Potencial Gravitacional do skatista e sua elevação em relação a um referencial pode ser feita da mesma forma que foi feita para a Energia Cinética e a velocidade.

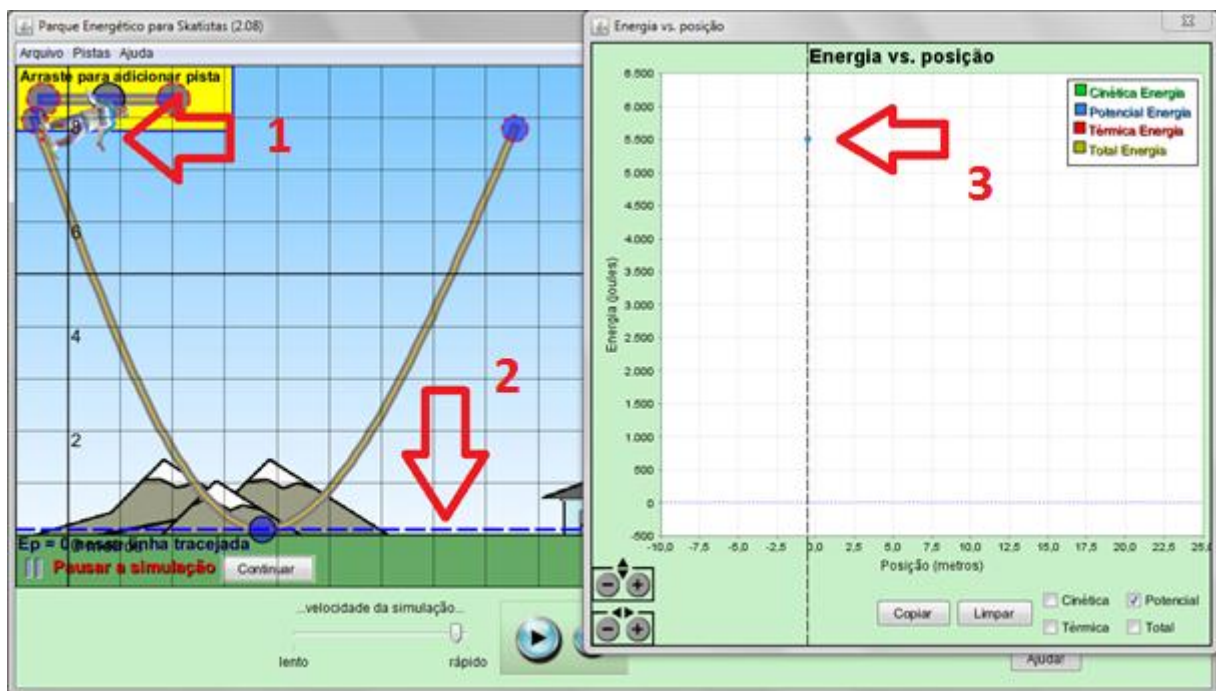


Figura 25: Software *Parque Energético para Skatistas*. Skatista no início do movimento de descida. Indicado em (1) a posição inicial do movimento do Skatista. Em (2) o referencial para Energia Potencial. Em (3) o valor inicial da Energia Potencial Gravitacional.

A **Figura 25** mostra o software *Parque Energético para Skatistas* com a configuração necessária para verificar a relação entre a altura do skatista e sua Energia Potencial Gravitacional. Foi ativada a exibição da *Grade* graduada para mensurar a elevação do skatista. A elevação é medida em relação ao *Referencial* para Energia Potencial Gravitacional. E o gráfico indica o valor da Energia Potencial Gravitacional para cada posição do skatista.

A altura do skatista que é aproximadamente 7,5 m como indica a seta vermelha, e a energia potencial gravitacional do skatista nessa posição é 5500 J como indica o gráfico *Energia vs. Posição*.

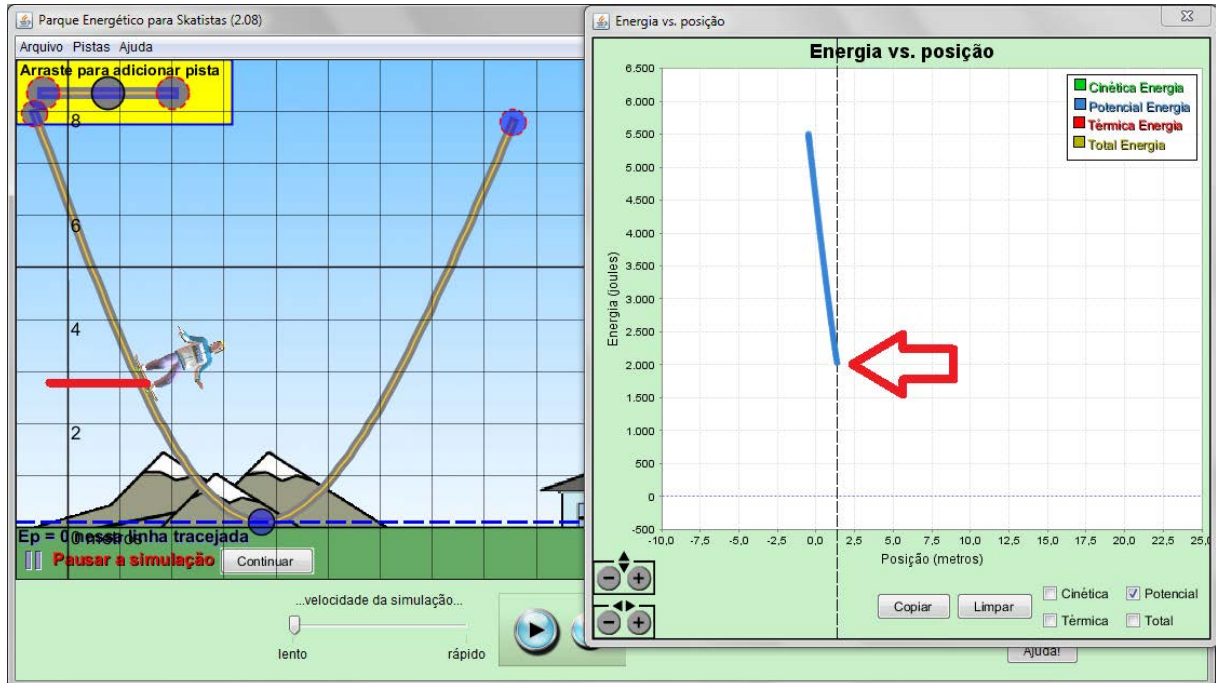


Figura 26: Software *Parque Energético para Skatistas*; Em destaque a altura aproximada do skatista. Com indicação o valor no gráfico para Energia Potencial Gravitacional

A **Figura 26** mostra a nova posição do skatista em uma posição menos elevada, menos de 3 m. Nessa altura o gráfico indica o valor de energia potencial igual a 2000 J.

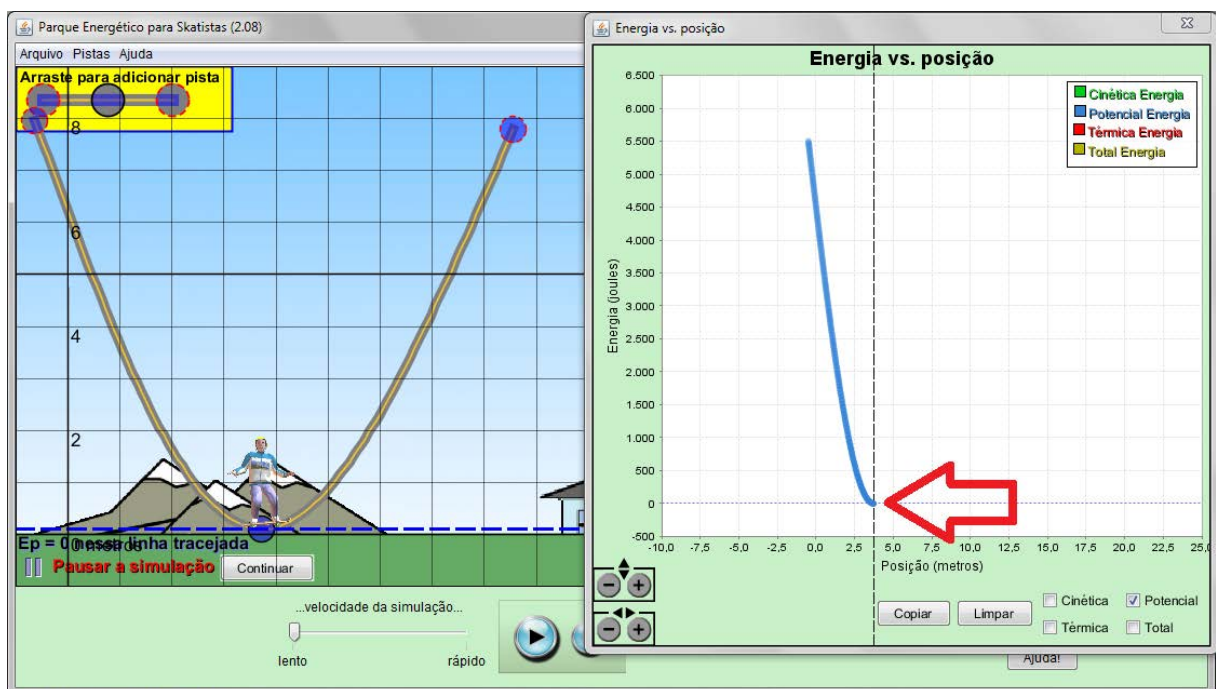


Figura 27: Software *Parque Energético para Skatistas*; Indicação para o valor no gráfico de Energia Potencial Gravitacional com o skatista no ponto mais baixo da pista.

A **Figura 27** mostra o skatista em sua posição mais baixa possível. Nessa posição não há elevação entre o referencial para energia potencial e o skatista, conseqüentemente não há energia potencial gravitacional, como indica o gráfico *Energia vs. Posição*.

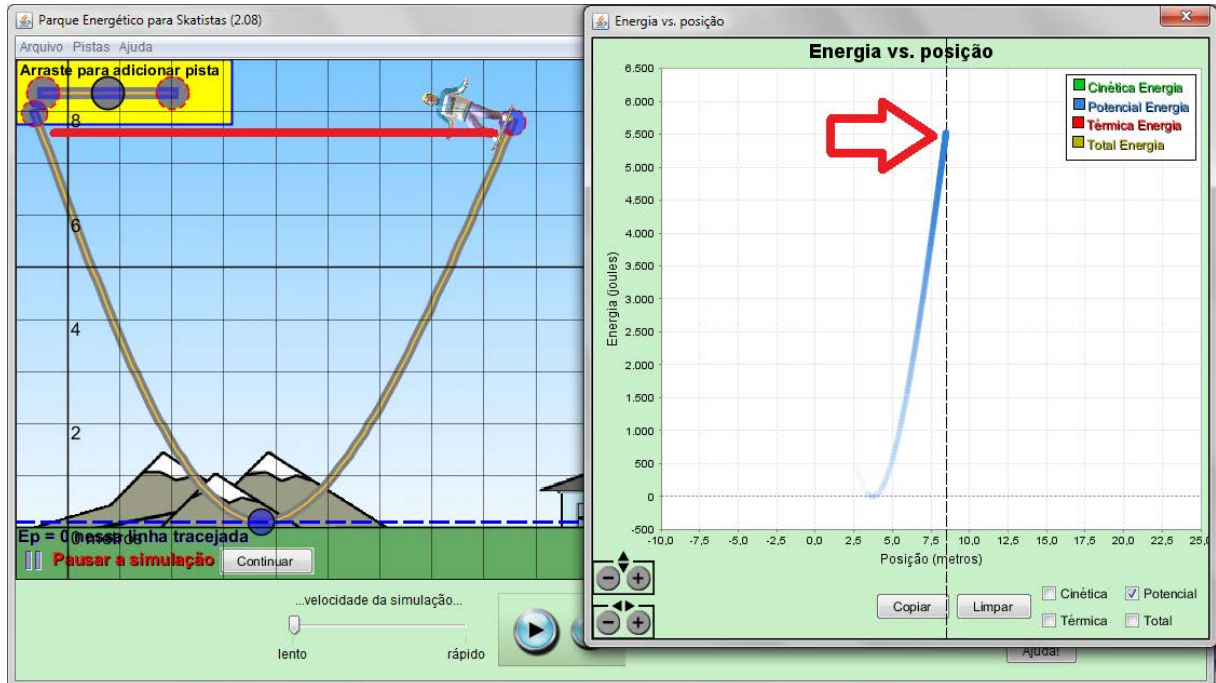
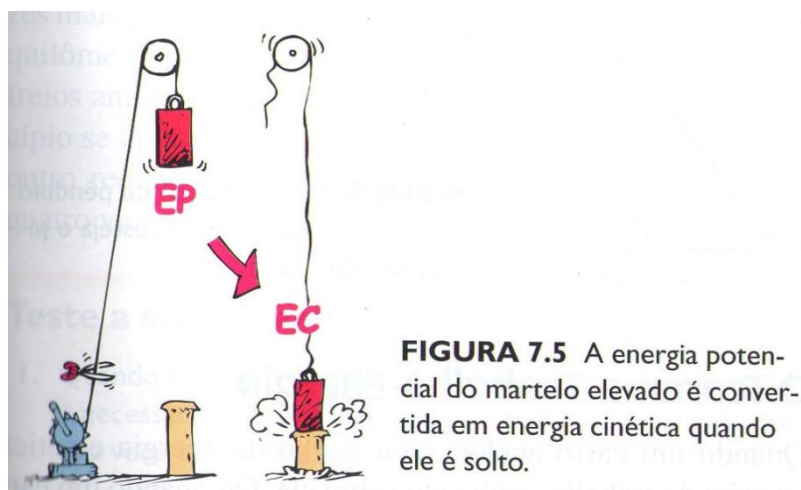


Figura 28: Software *Parque Energético para Skatistas*; Indicação do valor para Energia Potencial Gravitacional no gráfico. Em destaque a altura aproximada do skatista

A **Figura 28** mostra o skatista novamente com sua elevação máxima em relação ao referencial para Energia Potencial Gravitacional, aproximadamente 7,5 metros. Como indicado no gráfico, a Energia Potencial Gravitacional é novamente igual a 5500 J. A análise das **Figuras 25, 26, 27 e 28** mostra que o software exibe de forma dinâmica e gráfica a dependência da elevação do objeto em relação a um referencial e a Energia Potencial Gravitacional deste objeto.

## A conservação da energia mecânica

Em descrição textual e ilustrada com figuras, como é de costume utilizado pelos professores de ensino médio, em sua obra Hewitt ilustra a transformação da Energia Potencial Gravitacional, equivalente ao trabalho realizado para elevar o martelo até o ponto mais alto, em energia cinética quando o martelo é solto.



**FIGURA 7.5** A energia potencial do martelo elevado é convertida em energia cinética quando ele é solto.

Figura 29: Retirada da obra *Física Conceitual* de Paul G. Hewitt, é a ilustração referente à passagem citada anteriormente. (Fonte: Hewitt p.117 Figura 7.5)

Com esta ilustração o autor procurou demonstrar a transformação da energia potencial do martelo em seu ponto mais alto em energia cinética quando é solto, energia cinética que por sua vez é transferida para a estaca que penetra no solo. É uma ilustração conveniente, mas não deixa explícita a relação numérica entre a quantidade de energia potencial e cinética em momentos que ocorrem *entre* os dois momentos apresentados na figura, nem mesmo a dinâmica da transformação da energia potencial em cinética. Mais precisamente, a figura destaca o martelo em seu ponto mais alto, onde a quantidade de energia mecânica contida neste sistema mecânico é somente a energia potencial gravitacional do martelo que depende do peso e da altura do martelo e é numericamente expressa pela equação:

$$U = m g h$$

Onde  $m$  é a massa do martelo,  $g$  é a aceleração gravitacional e  $h$  é a altura de elevação do martelo.

Outro destaque na figura é o exato momento em que o martelo toca a estaca. A figura estática e sem movimento representa o choque através da ilustração de uma “fumacinha”, ou seja, a energia cinética é transferida para a estaca. Neste momento a energia contida no sistema mecânico está na forma cinética, que depende somente da massa e da rapidez do martelo, e é expressa pela equação.

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

Embora seja correta a apresentação da figura para ilustração da transformação da energia potencial em energia cinética, como dito anteriormente a figura nada afirma sobre momentos que ocorrem entre os momentos apresentados na figura, ou seja, se o martelo estivesse na metade do caminho compreendido entre seu ponto lançamento e a estaca no chão.

A vantagem de utilizar o software *Parque Energético para Skatistas* para fazer a ilustração destes conceitos é a possibilidade de visualizar o movimento completo e animado do objeto. Além de ter valores comparativos sobre as quantidades de energia cinética e potencial em qualquer posição do movimento.

Utilizar o software para esta ilustração requer uma configuração inicial com exibição de grades para medidas de alturas, referência para energia potencial na base da pista e o mais importante, gráficos de barras para fazer a comparação qualitativa dos valores de energia potencial e cinética, como mostra a **Figura 30**.

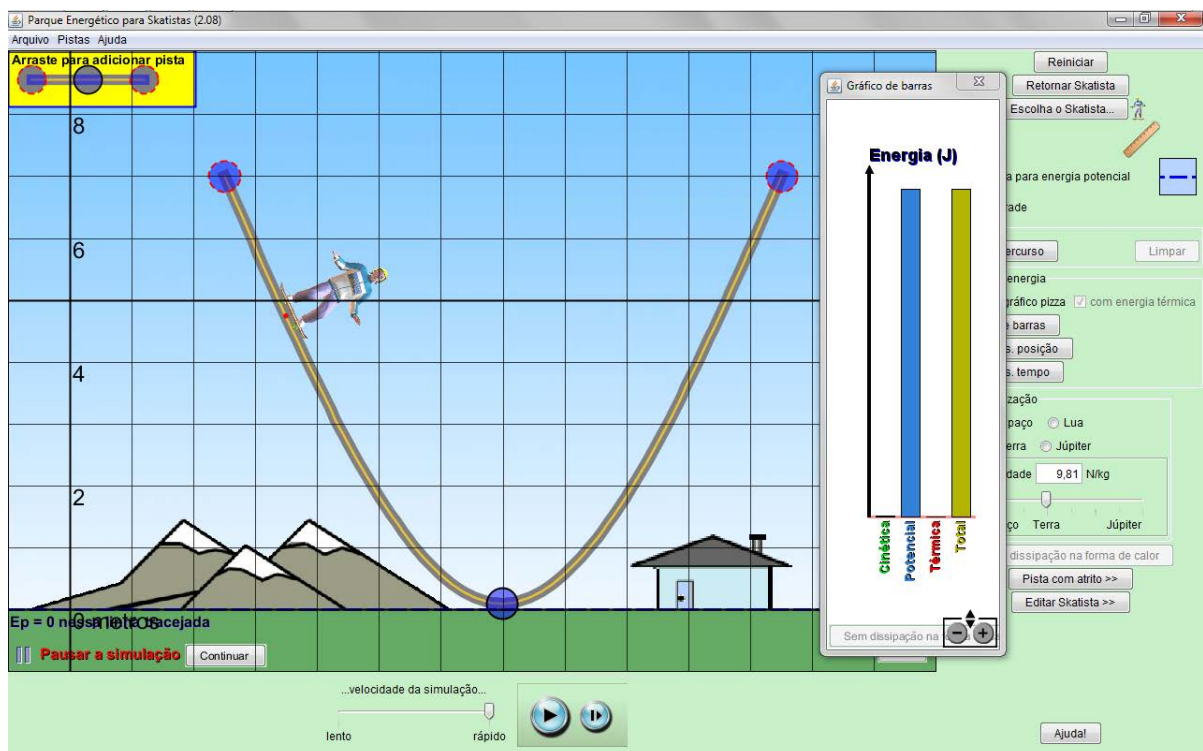


Figura 30: Pausa da simulação com o skatista em seu ponto mais alto para análise do gráfico de barras.

No caso do software é possível pausar a apresentação e exibi-la passo a passo para analisar a situação com o skatista nas posições devidas. Com o skatista em sua posição mais elevada o pode-se comparar o comprimento da barra em azul, que indica a quantidade de Energia Mecânica Potencial, com o comprimento da barra amarela, que indica a quantidade de Energia Total. Nesta análise fica evidente que quando um objeto qualquer está em uma posição em que existe uma elevação em relação a um referencial para energia potencial e sua velocidade é nula, a Energia Mecânica contida no sistema está em sua forma de energia Potencial Gravitacional.

Fazendo pequenos saltos na apresentação passo a passo pelo controle de apresentação da simulação vemos o que ocorre com o gráfico de barras quando o skatista adquire velocidade e sua posição já não é a mais elevada. Esta situação está apresentada na **Figura 31**.

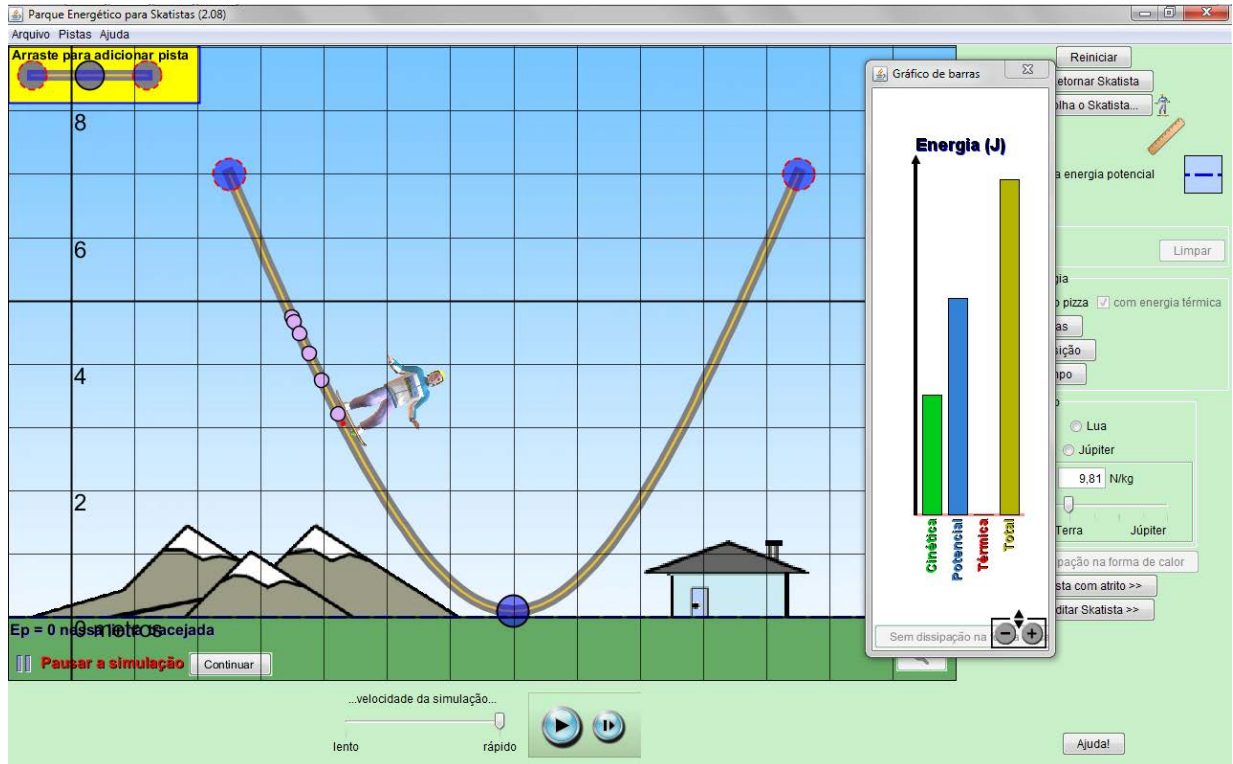


Figura 31: Software Parque Energético para Skatistas, descida do skatista do seu ponto mais alto e transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética.

Para destacar o movimento do skatista na rampa foi ativado a opção *Mostrar Percurso*, com esta ferramenta a trajetória do skatista na rampa fica representada pelos pontos rosados. Analisando o gráfico é possível perceber que a Energia Potencial Gravitacional já não tem mais seu valor máximo e parte dela se transformou em Energia Cinética. Essa parte pode ser mais bem detalhada se o tamanho da barra amarela for comparado à soma dos tamanhos das barras azul e verde, ou seja, o deslocamento para baixo da barra azul é igual ao deslocamento da barra verde para cima. Esta demonstração exemplifica que toda a Energia Potencial Gravitacional “perdida” até o momento foi transformada em Energia Cinética.

Fazendo a execução passo a passo da simulação até o momento em que o skatista está no ponto mais baixo da pista teremos a situação representada pela **Figura 32**.

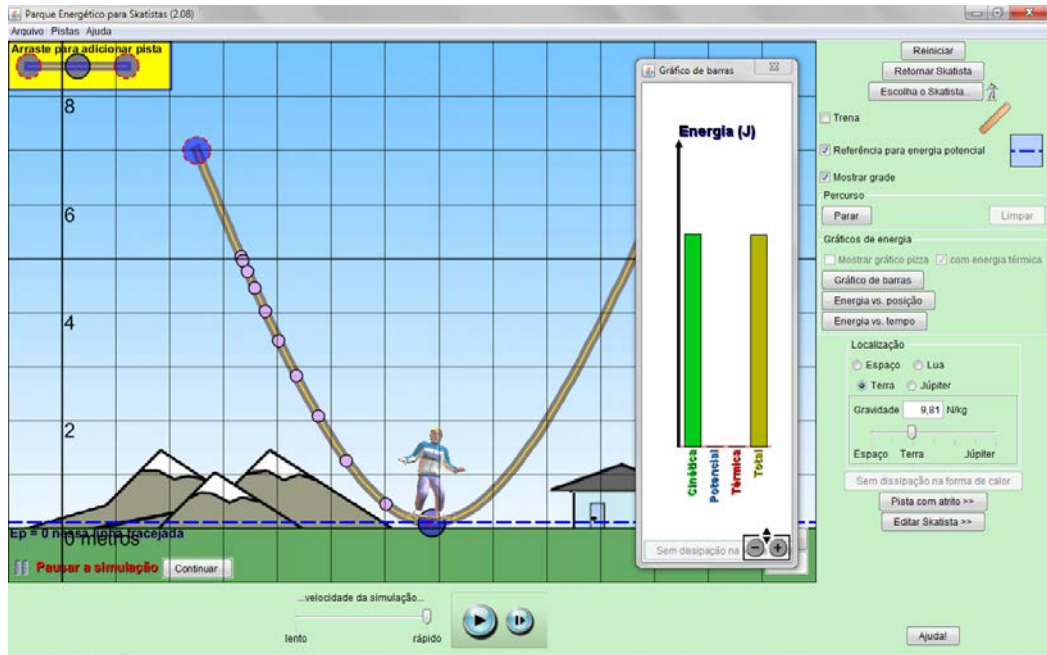


Figura 32: Software Parque Energético para Skatistas. Skatista na posição mais baixa da pista.

O gráfico em barras na **Figura 32** mostra que toda a quantidade de energia mecânica na forma potencial foi transformada em energia mecânica na forma cinética devido a elevação da velocidade do skatista e a diminuição da altura deste em relação ao referencial para energia potencial. A quantidade de energia cinética pode ser comparada agora com a energia total do sistema através da comparação com o tamanho da barra amarela, que anteriormente era o mesmo tamanho da barra azul que representava a energia potencial gravitacional do objeto. Neste ponto pode caber uma análise teórica através das equações de Energia Potencial e Energia Cinética, descritas anteriormente.

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

$$U = m g h$$

Na posição inicial (**Figura 30**) o valor da velocidade é nulo, fazendo com que a energia cinética seja igual a zero. Já a altura do skatista na rampa é máxima, fazendo com que a energia na sua forma potencial também seja máxima para este sistema.

No ponto destacado pela **Figura 32** não há elevação em relação ao skatista e o *Referencial para Energia Potencial*. Neste ponto a energia em sua forma potencial deverá ser zero pela equação da energia potencial, mas a energia em sua forma cinética é máxima, pois a velocidade do skatista neste ponto tem sua maior intensidade.

Para fazer uma comparação quantitativa direta pode-se utilizar de uma ferramenta em todas as ocasiões anteriormente descritas, mas será utilizado agora para fazer a comparação do valor numérico da energia total e das energias cinética e potencial. Ativando a opção do

gráfico de *Energia vs. Posição* no momento em que o skatista inicia o movimento de descida, será construído o gráfico onde são mostrados os valores instantâneos para todas as energias envolvidas no sistema. Escolhendo nos quadros situados na parte inferior direita da janela do gráfico a construção das curvas para as energias desejadas.. Com esta ferramenta é possível verificar que a quantidade da Energia total Representada pela barra (no gráfico de barras) e os pontos (no gráfico Energia vs. Posição) amarelos é igual á soma das energias Cinética e Potencial, em verde e azul respectivamente, como mostra a **Figura 33**.

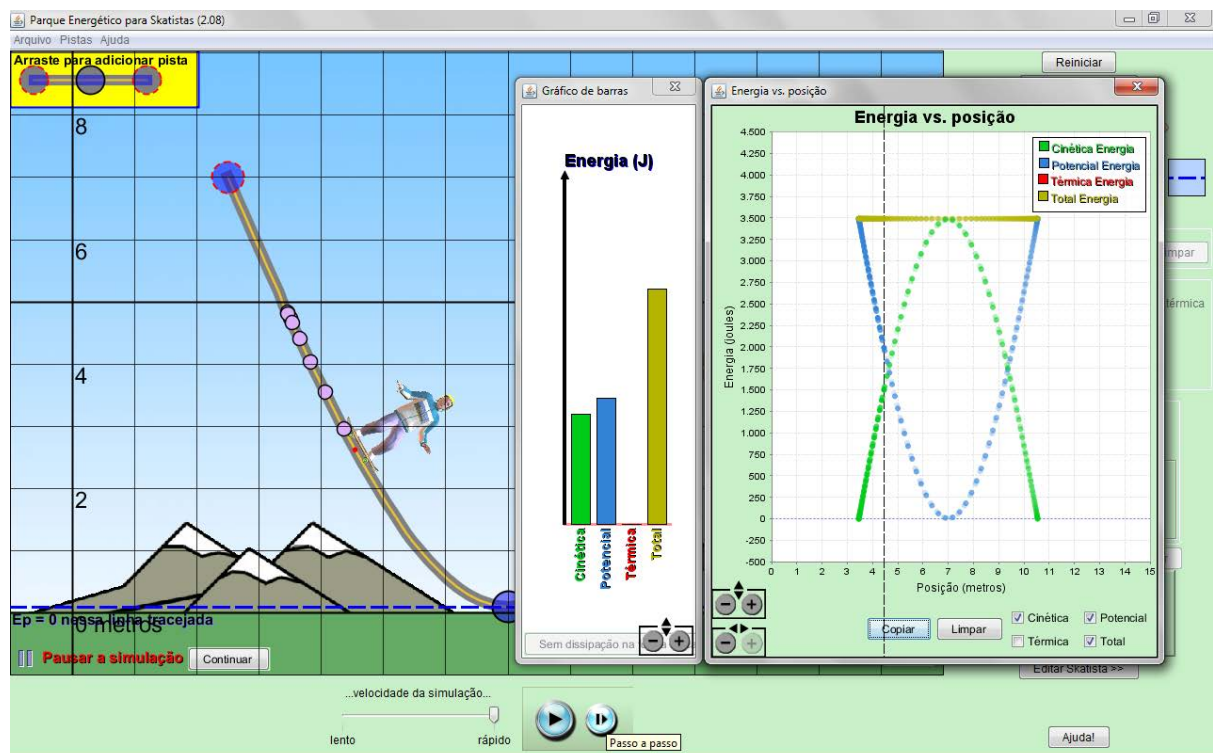


Figura 33: Uso concomitante das ferramentas de gráficos de barras e Energia vs. Posição.

Na **Figura 33** temos a energia total do sistema com valor 3.500 J. As energias cinética 1.500 J e potencial gravitacional 2.000 J respectivamente. Com este artifício pode-se determinar que a Energia Total do sistema é igual a soma das energias Cinética e Potencial, e o comprimento da barra amarela sempre será a soma dos comprimentos das barras azul e verde. Esta é outra forma de mostrar ao estudante que a energia mecânica total do sistema obedece a soma:

$$E_T = K + U = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

Embora o sistema simulado pelo software seja um sistema isolado e sem dissipação de energia, vale ressaltar que mesmo em sistemas reais a energia do sistema sempre permeasse constante. No software *Parque Energético para Skatista* é possível introduzir parâmetros de dissipação de energia, onde é possível adicional um valor ao coeficiente de atrito na pista e observar que a energia mecânica será dissipada na forma de calor devido ao atrito entre o

skate e a pista. Para isso basta selecionar a opção *Pista com Atrito* e movimentar o cursor para o *Coefficiente de Atrito* entre nenhum e muito. Qualquer valor de atrito maior que nenhum fará existir atrito na pista e o resultado observado é a elevação da barra vermelha que representa a energia térmica no sistema, como mostra a **Figura 34**.

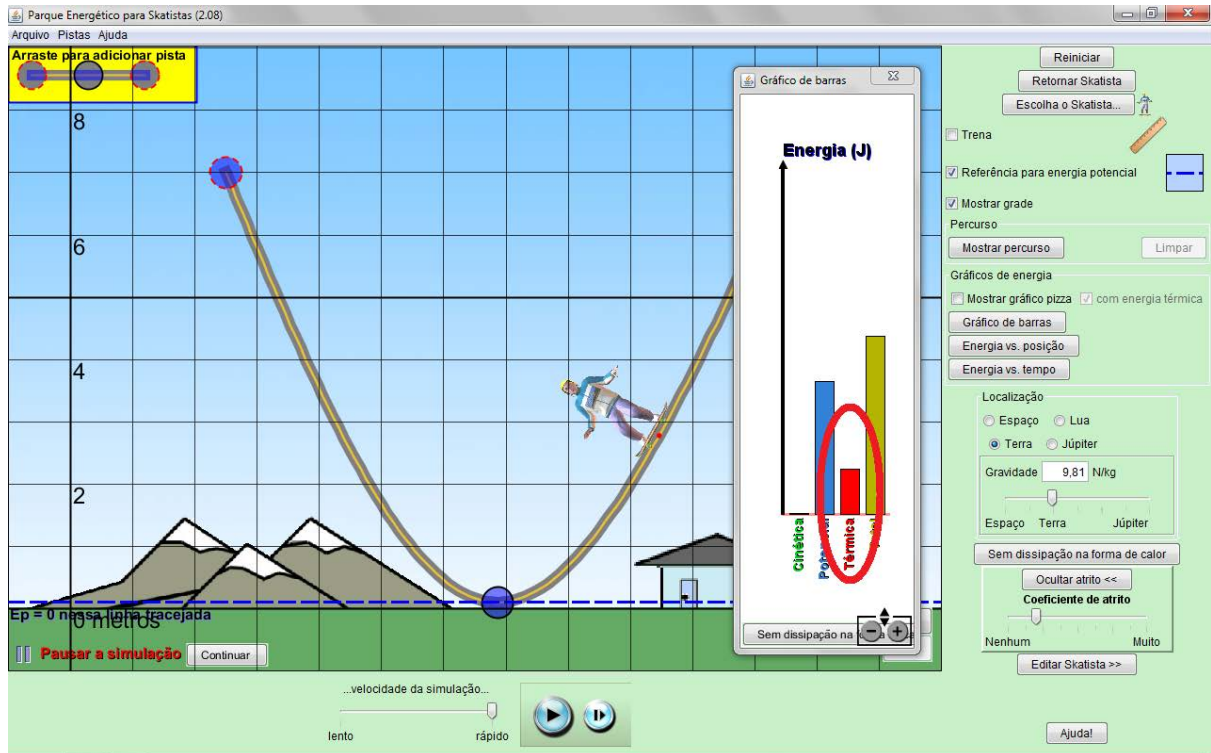


Figura 34: Parque Energético para Skatistas, pista com atrito e dissipação de energia mecânica na forma de energia térmica.

A **Figura 34** mostra o skatista em princípio de descida na pista após descer até o ponto mais baixo e subir novamente até o ponto mais alto possível. É importante discutir que como nesta situação existe atrito entre a pista e o skate, parte da energia mecânica foi dissipada na forma de energia térmica representada pela elevação da barra vermelha no gráfico de barras, como destacado na **Figura 34**. Esta dissipação causa uma diminuição na energia mecânica do sistema, consequentemente a barra de energia potencial não será mais do mesmo comprimento da barra de energia total do sistema no ponto mais alto atingido pelo skatista, pois a dissipação de energia mecânica em forma de energia térmica fez o ponto mais alto possível na subida do skatista ser mais baixo que no ponto de descida deste no início do movimento. Neste caso a Energia Total do Sistema é descrita pela equação:

$$E_T = K + U + E_D$$

Onde  $E_D$  são as energias dissipadas pelo sistema, neste caso, a Energia Térmica dissipada pelo atrito entre o skate e a pista.

A **Figura 35** faz uma comparação entre as alturas do skatista em dois momentos diferentes. A primeira é o momento onde o skatista inicia o movimento de descida da pista. A segunda é o momento em que após descer e subir do outro lado da pista, o skatista inicia novamente o movimento de descida da pista.

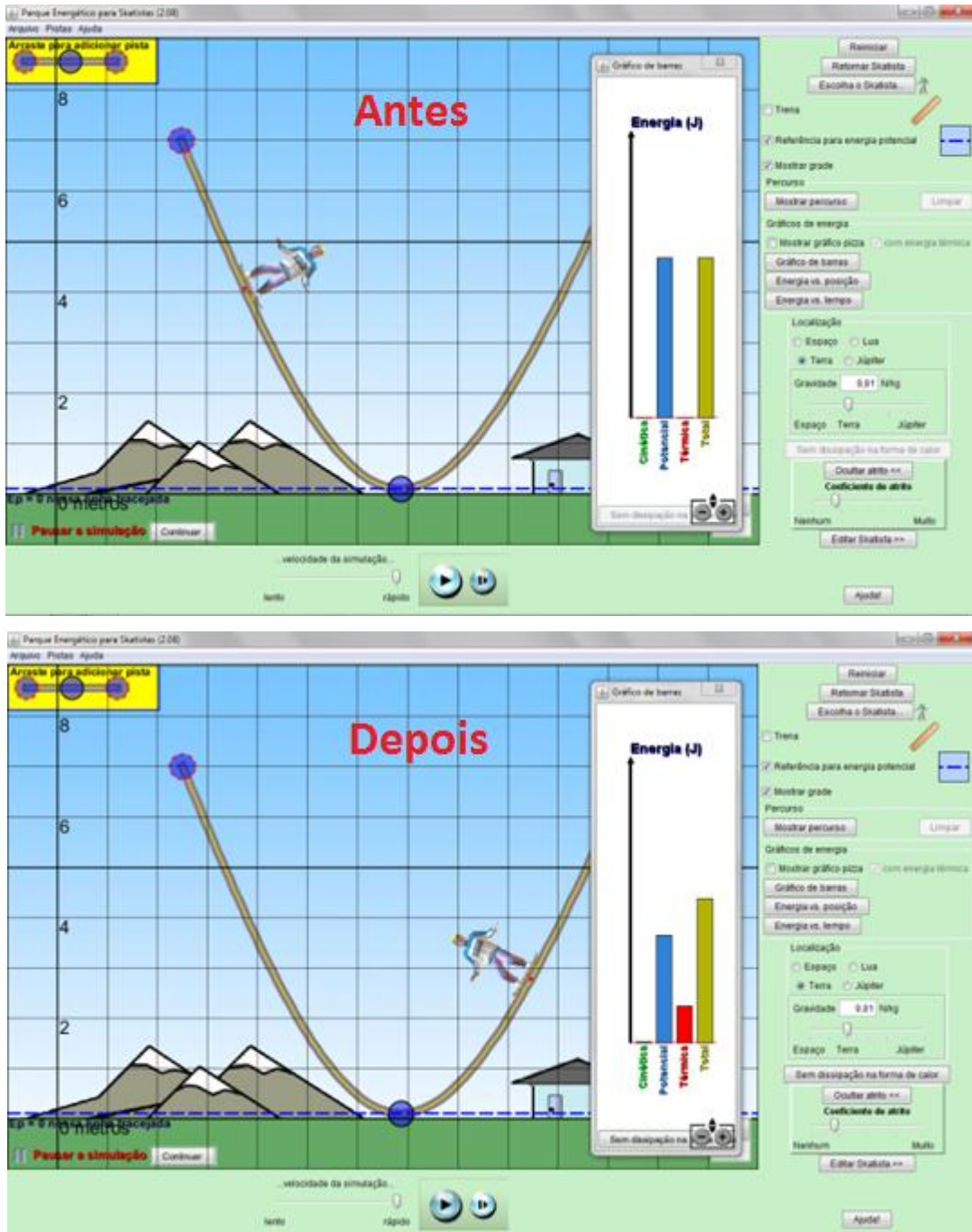


Figura 35: Comparação das alturas no movimento em uma pista com atrito.

Para concluir esta comparação é interessante trabalhar com a representação gráfica de *Energia vs. Posição*, assim pode-se fazer a somatória dos valores das energias térmica, cinética e potencial, e verificar que a resultante é a energia total do sistema.

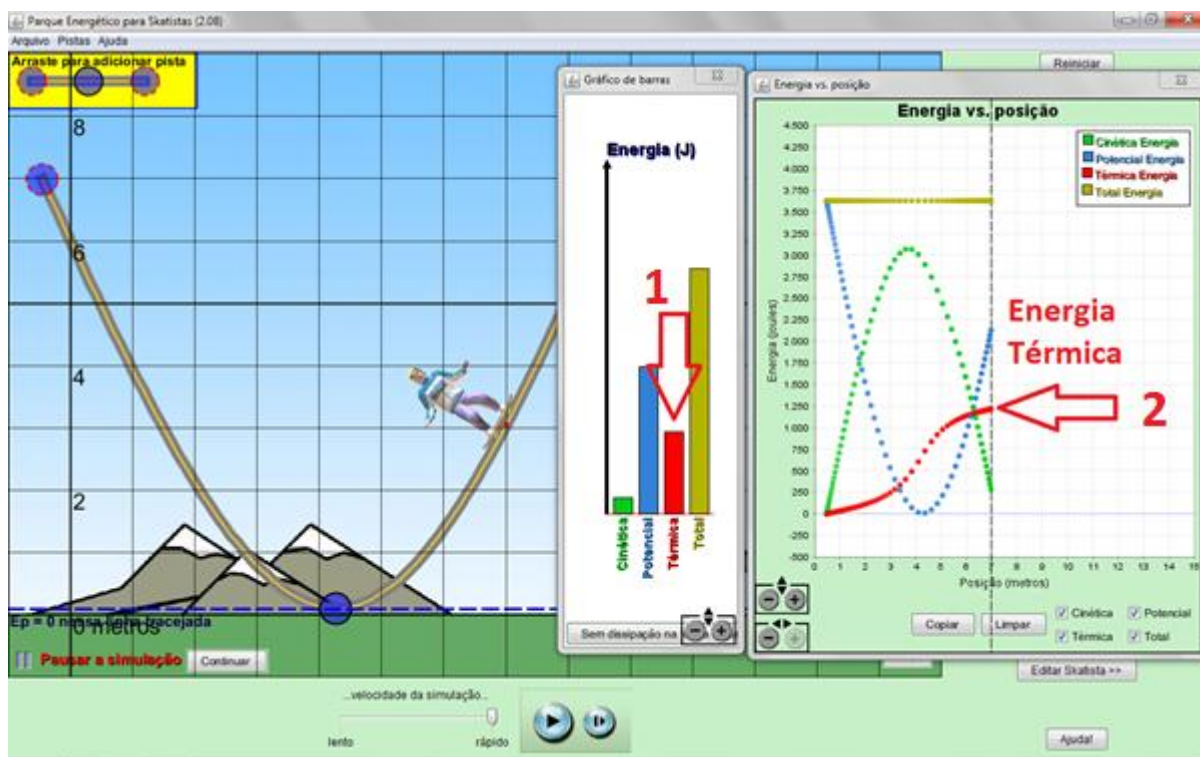


Figura 35: Gráfico de barras e Energia vs. Posição para um movimento em uma pista com atrito. Em (1) a barra vermelha que indica o aumento da Energia Térmica. Em (2) a indicação do valor instantâneo da Energia Térmica no gráfico Energia vs. Posição.

Na situação da **Figura 36** os valores numéricos para as energias são:

- Energia Térmica = 1250 J
- Energia Cinética = 250 J
- Energia Potencial = 2000 J
- Energia Total = 3500 J

Assim calculamos que a energia total do sistema é a soma dos valores de energia térmica, potencial e cinética, resultando em um total sempre constante para qualquer sistema mecânico.

É importante pensar que a curva vermelha, que representa a quantidade de energia térmica, no gráfico *Energia vs. Posição* é sempre crescente, como destacado pela seta na **Figura 36**. Este crescimento existirá até que toda energia mecânica seja dissipada na forma de energia térmica. Neste ponto a barra vermelha do gráfico de barras será do mesmo comprimento que a barra de energia total do sistema, a linha vermelha no gráfico *Energia vs. Posição* alcançará a linha amarela que mostra a energia total constante e o skatista não terá mais movimento.

Voltando à análise das condições existentes no sistema **Figura 29**, representado pela obra de Hewitt. Neste sistema o trabalho para elevar o martelo fornece-lhe energia potencial,

que é transformada em energia cinética quando o martelo é solto. Esta energia é transferida para a estaca que penetra em uma distância que multiplicada pela força média de impacto, resulta quase na energia potencial do martelo. Quase já que parte da energia é transferida para o solo em forma de energia térmica, sons do martelo chocando-se com a estaca, e outras energias envolvidas.

As diversas formas de energia e suas transformações de uma forma em outra levam a uma das maiores generalizações da física – a lei da conservação da energia.

A energia total do universo é constante. Energia pode ser convertida de uma forma para outra, ou transferida de uma região para outra, mas energia nunca pode ser criada nem destruída. (TIPLER, 2009, p. 214)

Para um professor é importante buscar suas obras de apoio alguns textos que complementem a apresentação dos conceitos de *Conservação de Energia Mecânica*. Estes textos devem sempre procurar contextualizar o conteúdo demonstrado na apresentação com, se possível, o cotidiano dos estudantes. Para finalizar esta sessão segue um exemplo retirado da obra de Paul G. Hewitt.

Quando consideramos um sistema qualquer em sua totalidade, seja ele tão simples como um pêndulo balançando ou tão complexo quanto uma supernova explodindo, há uma quantidade que não é criada ou destruída: a energia. Ela pode mudar de forma ou simplesmente ser transferida de um lugar para outro, mas, a partir de tudo que sabemos, a quantidade total de energia permanece inalterada. (HEWITT, 2002, p. 119)

## Considerações sobre o software *Parque Energético para Skatistas*

Dentre os software que compõe o repositório PhET este se apresentou o mais completo para abordagens do tema Conservação da Energia Mecânica, e subtemas da mesma natureza.

É interessante levar em conta as ferramentas disponíveis pelo software para interação com a simulação da situação física. Estas ferramentas permitem total interatividade com o sistema e análise de situações por diferentes pontos de vista.

As ferramentas que se mostraram mais poderosas foram as ferramentas gráficas do software. Tais ferramentas permitem uma análise quantitativa e qualitativa da situação física simulada. É um importante aspecto que auxilia na construção de um conhecimento concreto pelo aprendiz.

# CAPÍTULO

## 3.Introdução à Termodinâmica: Temperatura, Calor e Zero Absoluto

### Resumo

Neste capítulo serão apresentados os conceitos de Temperatura, Calor e Zero absoluto com ilustrações e demonstrações feitas com o uso do software educativo *Estados da Matéria*.

### Seleção do material de referência e Software Educativo

Assim como o tema Conservação da Energia Mecânica, os temas trabalhados neste capítulo estão aqui descritos, pois foram tratados nas aulas normais e atividades didáticas com o grupo de alunos selecionados. Na época em que estes softwares foram testados para abordagem dos conceitos introdutórios à Termodinâmica estes conceitos estavam sendo apresentados para toda a turma do segundo ano do ensino médio na Escola Armando Bayeux da Silva. Após apresentar algumas aulas com a utilização de softwares educativos decidi incluir a avaliação do software utilizado no presente trabalho.

Para a apresentação dos conceitos introdutórios à Termodinâmica: Temperatura, Calor e Zero Absoluto foi selecionado um software educativo pertencente ao repositório de simulações PhET (do inglês, Physics Education Technology) de nome *Estados da Matéria* (original States of Matter). A discussão sobre este software está sendo apresentada, pois os conceitos com ela trabalhados foram bem aproveitados na elaboração das apresentações.

### O software *Estados da Matéria* e suas ferramentas

### Abas de Navegação

O software *Estados da Matéria* contém três abas de escolha de simulações, por isso este software pode ser chamado de um verdadeiro três em um. Na mesma janela de exibição há três abas de navegação onde o usuário pode escolher entre três softwares diferentes. As abas de navegação estarão destacadas por círculos vermelhos nas figuras e servem para

alternar entre os simuladores dependendo da necessidade do usuário ou do conceito que deseja trabalhar.

A primeira opção é *Sólido, Líquido, Gás* como mostra a **Figura 37**.

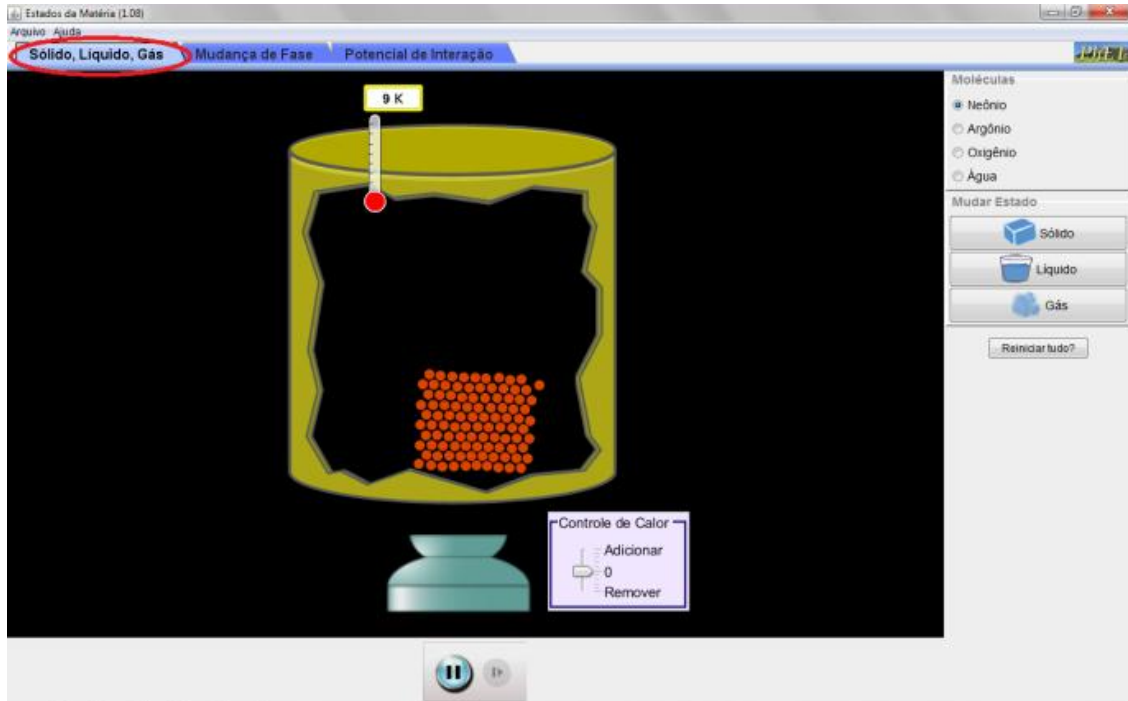


Figura 36: Software *Estados da Matéria*, com apresentação da aba de navegação *Sólido, Líquido, Gás*.

A segunda opção é *Mudança de Fase*, como mostra a **Figura 38**.

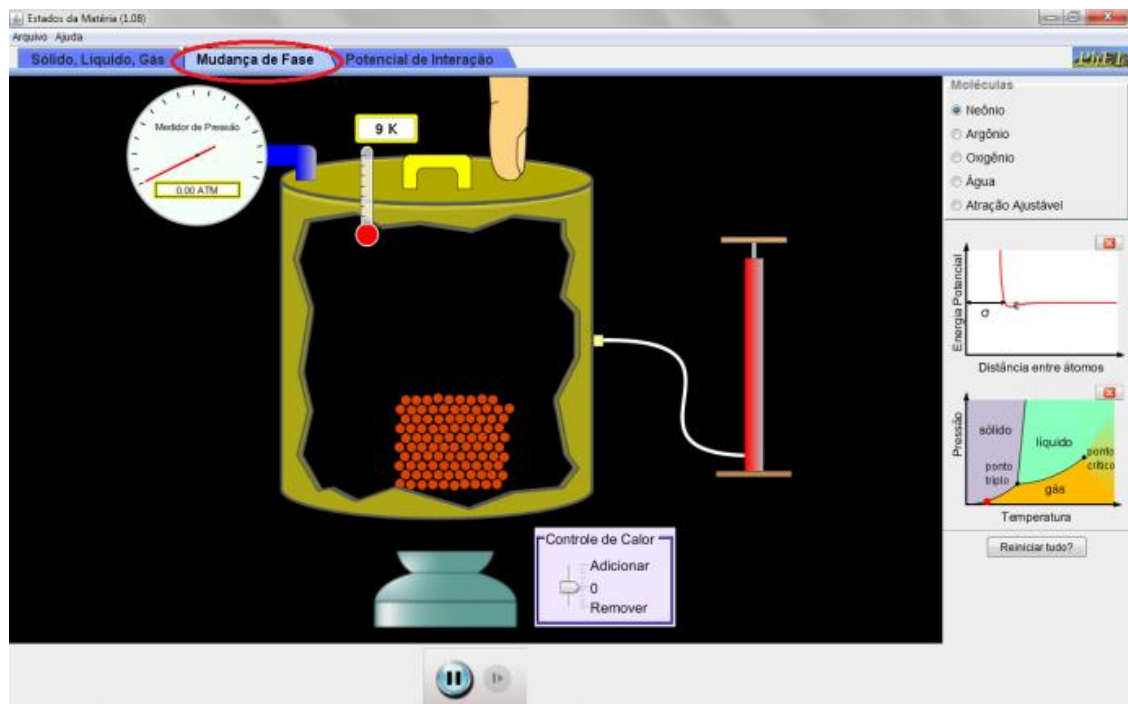


Figura 37: Software *Estados da Matéria*, com apresentação da aba de navegação *Mudanças de Fase*.

A ultima opção é a aba *Potencial de Interação*. **Figura 39**.

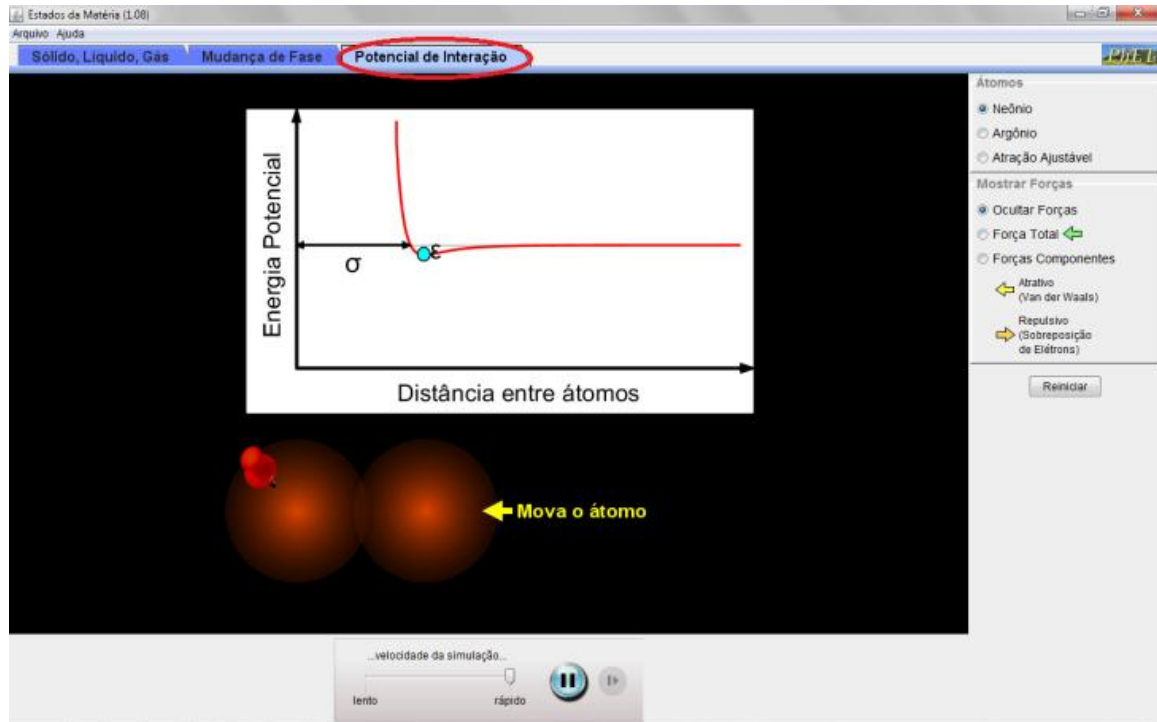


Figura 38: Software *Estados da Matéria*, com a apresentação da aba de navegação *Potencial de Interação*.

Verificando as figuras temos a noção da mudança de ferramentas e possibilidades de trabalho quando o usuário faz uso das abas de navegação do software *Estados da Matéria*. Esta possibilidade foi inserida na concepção do software para adequá-lo aos objetivos de abordagens das quais os usuários podem trabalhar com a utilização deste software. Estes objetivos são chamados de *Objetivos de Aprendizagem* e estão descritos na página virtual oficial do software, são eles:

## Objetivos de Aprendizagem

- Descrever um modelo molecular para sólidos, líquidos e gases.
- Estender este modelo para a mudança de fase.
- Descrever como aquecimento ou resfriamento altera o comportamento das moléculas.
- Descrever como alterar o volume pode afetar temperatura, pressão e estado.
- Relacionar um diagrama pressão-temperatura ao comportamento das moléculas.
- Interpretar gráficos de potencial interatômico.
- Descrever como as forças sobre os átomos se relacionam com o potencial de interação.
- Descrever o significado físico dos parâmetros do potencial de Lennard-Jones, e como isso se relaciona com o comportamento da molécula. (Universidade do Colorado, E.U.A: *Physics Education Technology*)

Embora uma descrição detalhada de todas as ferramentas presentes em todas as abas fosse necessária para o leitor ter o funcionamento completo do software, apenas as ferramentas presentes na opção *Sólido, Líquido, Gás* estão descritas na próxima sessão, pois somente estas ferramentas foram necessária para abordar os temas de interesse neste capítulo.

- *Tela de Exibição da Simulação*: A tela de exibição da simulação, como o próprio nome diz, exibe o conteúdo interativo do simulador e o resultado das alterações das variáveis dispostas para a simulação dos fenômenos físicos. A tela de Exibição é o conteúdo apresentado na **Figura 40**.

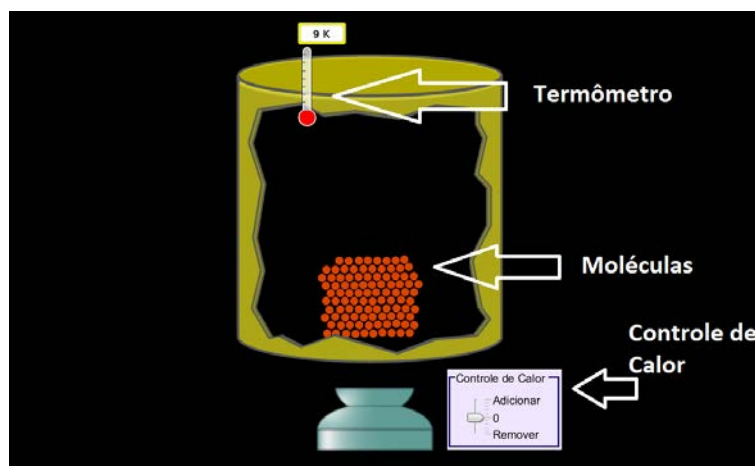


Figura 40: Software *Estados da Matéria*, Tela de Exibição da Simulação.

Na tela de exibição da simulação existe um recipiente que representa um sistema isolado, onde estão confinados moléculas ou átomos, representados pelas bolinhas coloridas no interior do recipiente. Também há uma ferramenta de interatividade chamada de *Controle de Calor*, com esta ferramenta é possível adicionar ou retirar energia na forma de calor do sistema isolado no recipiente, o resultado desta interação é o aumento, ou diminuição, da agitação das moléculas (bolinhas coloridas) confinadas no recipiente, e o aumento, ou diminuição, da temperatura do sistema que é visualizada pelo termômetro fixo na parte superior do recipiente.

- *Moléculas*: Na barra lateral da tela do software existe um seletor de moléculas. Este seletor muda as moléculas presentes no interior do recipiente da simulação. As opções de moléculas presentes para seleção são: Neônio, Argônio, Oxigênio e Água. A **Figura 41** destaca com o círculo vermelho a seleção de moléculas de *Oxigênio* que estão confinadas no recipiente da simulação.

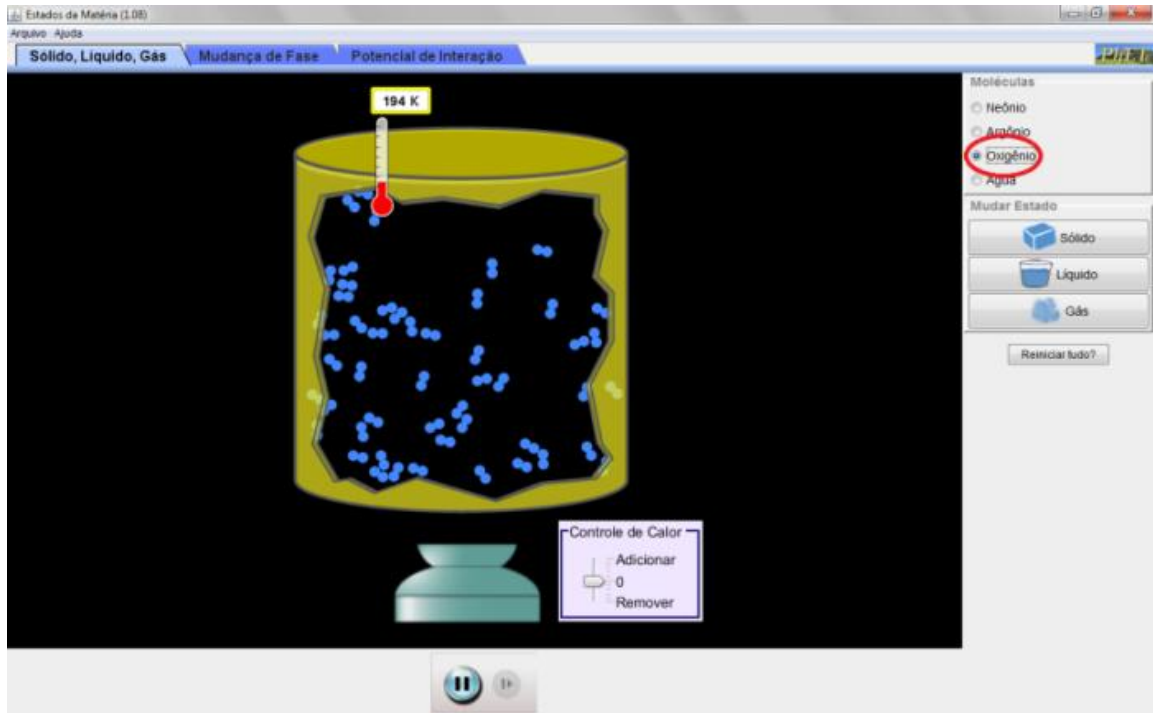


Figura 41: Software *Estados da Matéria*, com moléculas de Oxigênio no recipiente de simulação.

- *Mudar Estado*: A ferramenta pode simular a mudança do estado de agregação das moléculas contidas no recipiente da simulação. A mudança de estado altera a temperatura no interior do recipiente de acordo com a molécula presente dentro dele. No caso das moléculas de Água se o estado escolhido for sólido, a temperatura no interior do recipiente deverá ser menor que 256 Kelvin, como mostra a **Figura 42**.

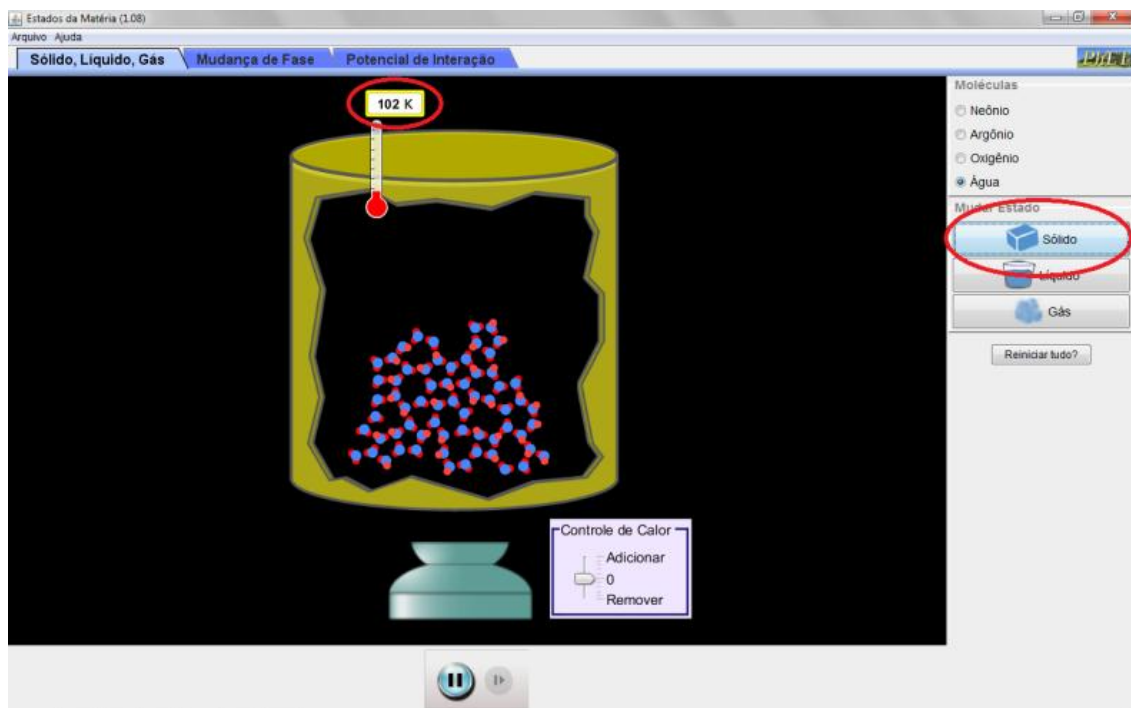


Figura 2: Software *Estados da Matéria*, uso da ferramenta *Mudar Estado* com destaque à seleção de estado sólido para as moléculas de Água e a temperatura no interior do recipiente.

## Apresentação dos Conceitos a partir de ilustrações feitas com o software *Estados da Matéria*

Assim como na apresentação-exemplo feita para apresentar os conceitos de Conservação da Energia Mecânica, o software educativo nesta apresentação será o material de apoio para ilustração animada de conceitos que são apresentados em livros de formas estáticas e abstratas. A apresentação dos conceitos com do uso de softwares educativos não deve ser feita tomando o software como o único material de referência, e sim com no mínimo algum livro ou obra didática de apoio. Dessa forma os conceitos apresentados tomarão como base de referência as obras de Paul G. Hewitt, *Física Conceitual*, e a obra de Paul A. Tipler, *Física para Cientistas e Engenheiros*. O simulador será um material de ilustração dos conceitos apresentados.

## Temperatura

Segundo Hewitt (2002,p. 268) toda matéria é composta por átomos e moléculas em constante agitação, esta afirmação feita por Hewitt de forma textual permite uma ilustração animada. Com o uso do software *Estados da Matéria* o é possível representar as substâncias em diferentes fases: sólida, líquida e gasosa, bastando selecionar na ferramenta *Mudar Estado* a opção do estado da matéria desejada. Desta forma é possível visualizar, que em ambos os estados, as moléculas que compõem a substância estão em constante agitação e a mudança que ocorre quando diferentes estados são selecionados é o grau de agitação destas moléculas e consequentemente o distanciamento entre elas.

Segundo Hewitt (2002,p. 268) em virtude do movimento das moléculas que compõe a matéria, as moléculas possuem energia cinética. A energia cinética média das partículas individuais está diretamente relacionada à temperatura da matéria ou substância. O grau de agitação das partículas está relacionado com a temperatura da substância que é composta pelas partículas. Com o software *Estados da Matéria* neste caso é possível fazer a verificação desta relação adicionando ou retirando energia das moléculas confinadas no recipiente com a ferramenta *Controle de Calor*. O termômetro fixo sobre o recipiente indica a temperatura da substância no interior recipiente, como ilustram as **Figuras 43 e 44**.

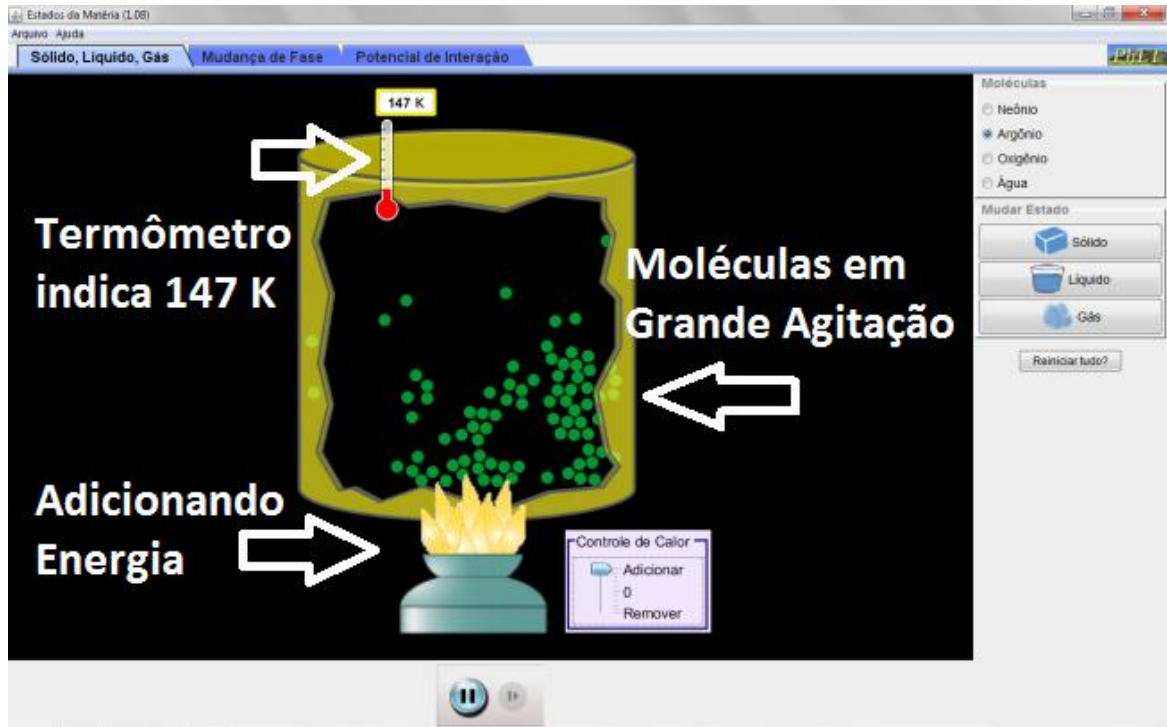


Figura 43: Software *Estados da Matéria*, funcionamento da ferramenta *Controle de Calor*, a energia está sendo adicionada e o termômetro indica um aumento de temperatura.

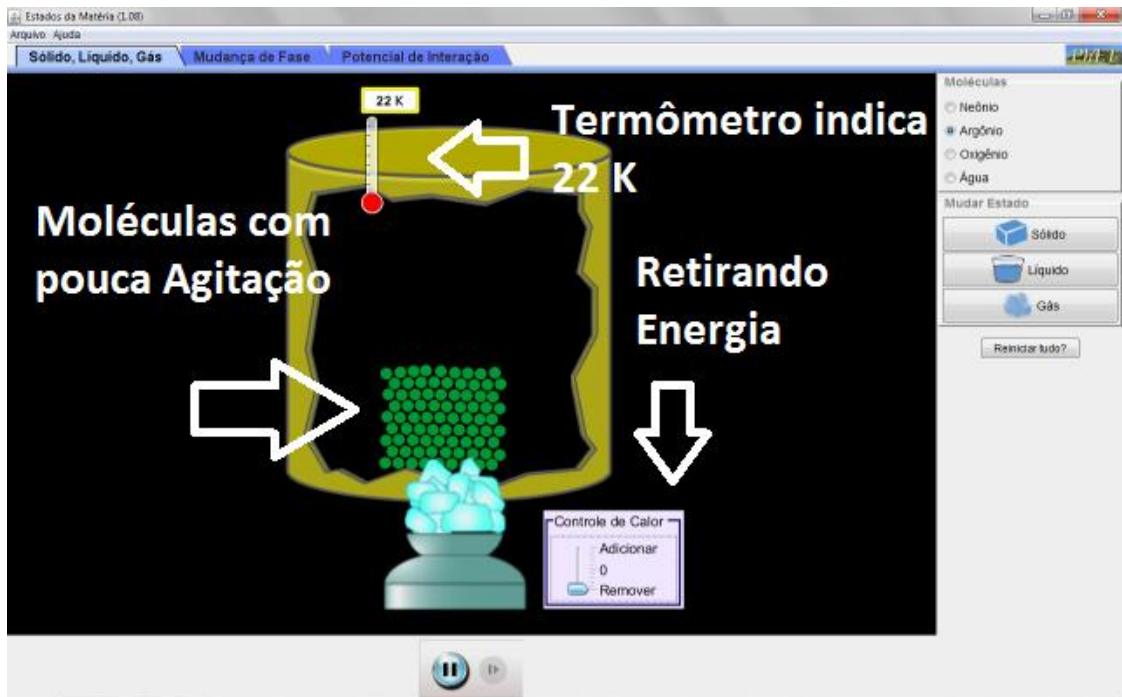


Figura 44: Software *Estados da Matéria*, funcionamento da ferramenta *Controle de Calor*, a energia está sendo retirada e o termômetro indica uma diminuição de temperatura.

Comparando as **Figuras 43** e **44**, pode-se perceber que o distanciamento das moléculas na primeira figura é maior que na figura posterior. Isto ocorre por que a energia cinética de cada molécula no primeiro momento é maior que no segundo momento. Quanto maior a energia cinética das moléculas maior o número de colisões entre estas e maior seu

distanciamento. A temperatura da substância está relacionada com a energia cinética individual de suas partículas (HEWITT, 2002,p. 268). Esta situação também pode ser percebida pelas figuras já que na **Figura 43** a temperatura indicada pelo termômetro é 147 Kelvin, momento onde a energia cinética de cada molécula é maior. Na **Figura 44** a temperatura indicada pelo termômetro é 22 Kelvin, momento onde a energia cinética de cada molécula é menor.

Os átomos e moléculas de uma substância ou corpo estão em constante movimento translacional aleatório, este movimento de translação faz as moléculas se movimentarem de uma posição para outra. A temperatura absoluta é, assim, uma medida da energia cinética média de translação das moléculas (TIPLER, 2009,p. 583). Embora existam também as energias cinéticas de rotação e vibração, estas energias não afetam diretamente a temperatura da substância. Este modelo pode ser demonstrado pelo software *Estados da Matéria*, onde o movimento de translação de uma molécula causa o impacto desta com suas moléculas vizinhas, transferindo-as parte de sua energia cinética. Já a quantidade de energia cinética transferida e a velocidade de cada molécula não é exibida pelo software, mesmo assim o efeito é visualizado pelo usuário. Movimentos de vibração e rotação não são representados na simulação, embora não afetem diretamente a temperatura da substância, uma apresentação teórica deste modelo deve levar em conta esta explicação quando o software *Estados da Matéria* utilizado como ilustração aos conceitos de temperatura.

## Calor

A apresentação do conceito de calor sempre leva em conta alguns exemplos quando é apresentada de forma textual em livros didático. A obra de Paul G. Hewitt, utilizada para a elaboração do presente trabalho, introduz a sessão com o exemplo que leva em conta a própria vivência do leitor. No exemplo dado Hewitt diz que quando uma pessoa encosta sua mão em um objeto mais quente (no caso uma estufa quente), a energia flui da estufa para a mão da pessoa, pois, neste caso, a estufa está mais quente que a mão da pessoa. Embora o leitor possa nunca ter encostado a mão em uma estufa quente é de se espera que já tenha tocado em qualquer objeto com uma temperatura maior que do seu corpo, portanto este modelo pode ser muito bem entendido por qualquer leitor ou estudante.

O processo espontâneo de transferência de energia sempre ocorre do corpo mais quente para o corpo mais frio. Esta energia que é transferida de um corpo para outro pela diferença de temperatura entre os corpos é chamada de **calor** (HEWITT, 2002, p. 270).

Portanto o conceito poderia ser melhor explicado se fosse representado (ilustrado) o que ocorre internamente com os corpos, ou substâncias, quando existe *energia em Trânsito entre* os corpos, ou seja, quando existe **calor**. Esta ilustração pode ser feita com o uso da ferramenta *Controle de Calor* do software *Estados da Matéria*.

Para representar tal situação pode-se ser selecionada qualquer substância dentre as disponíveis pelo software, mas é interessante selecionar o estado da substância como estado **Sólido** com a ferramenta *Mudar Estado*. O procedimento do uso do software é simples, mas caso esteja sendo apresentado por um professor a seus estudantes leva em conta a explicação do processo por parte do professor. A **Figura 45** ilustra o sistema sem adição de energia.

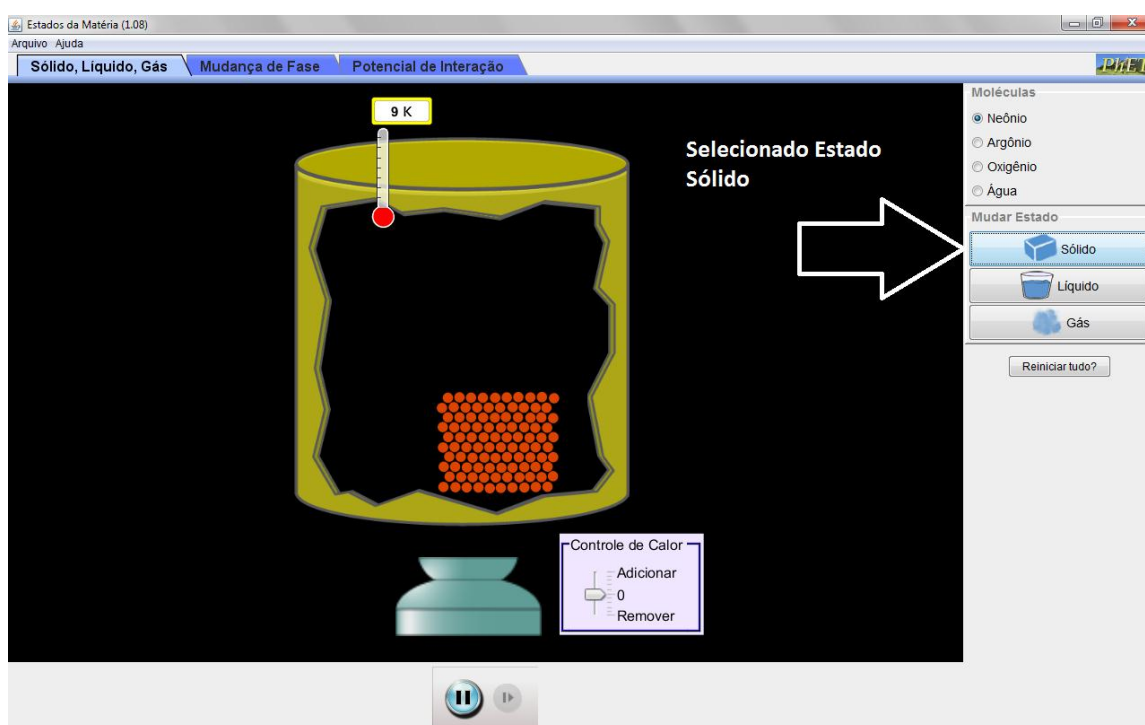


Figura 45: Software *Estados da Matéria*: Com indicação a ferramenta *Mudar Estado* selecionado o estado Sólido

Colocando a chave do *Controle de Calor* na posição *Adicionar* uma chama aparecerá, esta chama **representa** a adição de energia ao sistema na forma de calor, portanto é necessária a explicação de que está sendo transferida energia interna ao sistema e o aumento desta energia interna faz com que a energia cinética de translação também aumente.

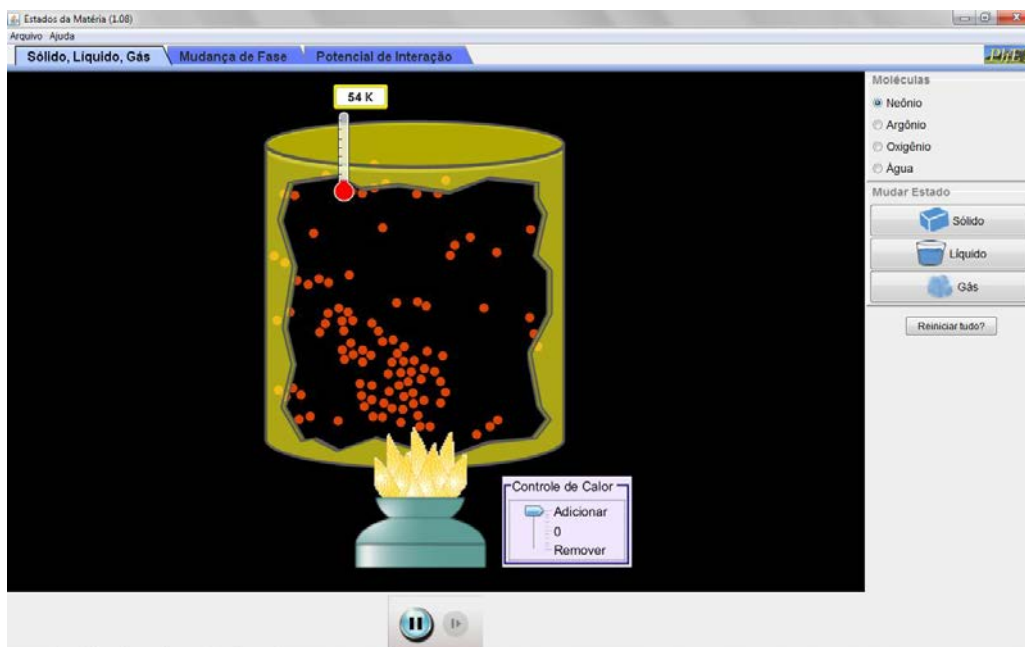


Figura 46: Software *Estados da Matéria*: Funcionamento da ferramenta *Controle de Calor*; Adicionando Calor

A energia interna é a soma de todas as energias no interior de uma substância. Além da energia cinética translacional a agitação molecular em uma substância existe em outras formas. Existe a energia cinética rotacional das moléculas e a energia cinética devido ao movimento dos átomos dentro das moléculas. Existe também energia potencial devido às forças entre as moléculas. De modo que uma substância não contém calor – ela contém energia interna. (HEWITT, 2002, p.270)

O processo de transferência de energia interna ao sistema na forma de calor faz com que a agitação das moléculas do sistema aumente. No caso de dois corpos em diferentes temperaturas, o calor existe até que a energia cinética de translação das moléculas que constituem os corpos seja a mesma, quando este ponto é atingido não há mais como adicionar energia interna ao corpo, portanto não existe calor.

Embora o simulador não represente o processo de transferência de energia para dois corpos diferentes é possível notar a elevação da energia interna da substância e a causa desta elevação, portanto o modelo representativo em forma de animação é válido.

O mesmo pode ser feito para remover energia interna do sistema, este processo é feito colocando a chave do *Controle de Calor* na posição *Remover*. Este procedimento reduz a

agitação das moléculas, portanto reduz a energia interna da substância, como se a energia em forma de calor estivesse fluindo da substância para as **pedras de gelo** que aparecem no momento em que a chave do *Controle de Calor* é colocada na posição *Remover*. É importante ficar atento ao fato das **pedras de gelo** serem apenas uma representação para um sistema frio, pois o simulador trabalha com situações em que a temperatura do sistema é muitas vezes menor que a temperatura de fusão da água.

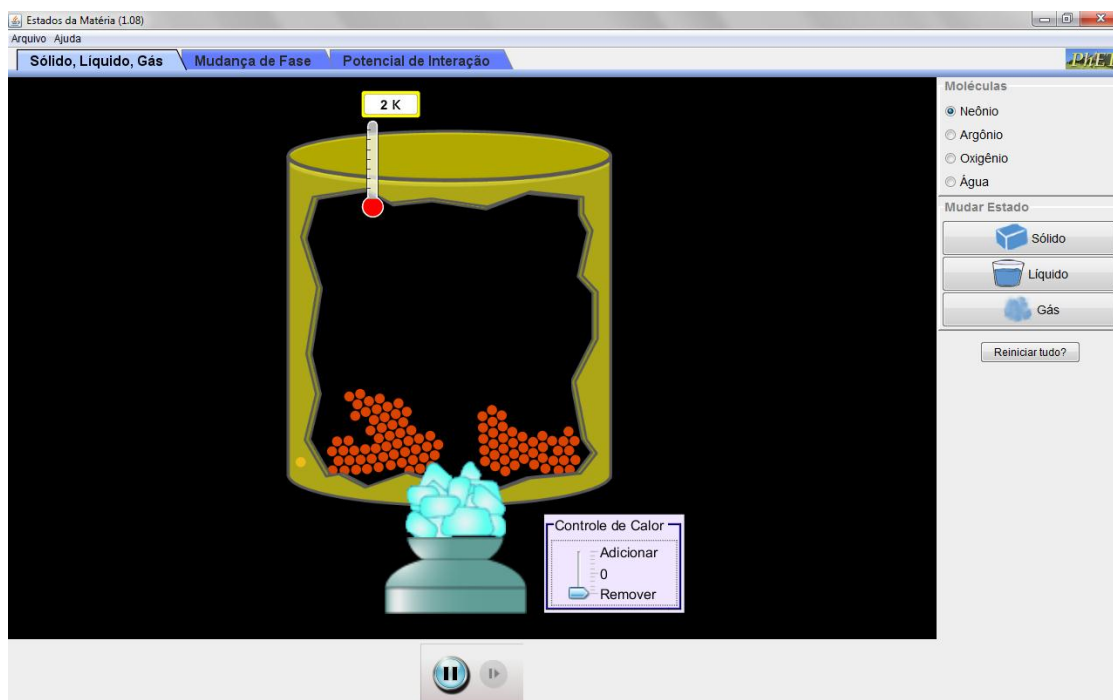


Figura 47: Software Estados da Matéria: Funcionamento da ferramenta *Controle de Calor*; removendo calor

## Zero Absoluto

Quando o software *Estados da Matéria* foi utilizado em uma apresentação aos alunos da escola Armando Bayeux, o conceito de Zero Absoluto foi tratado a partir da representação feita pelo software. A alguns pontos importantes desta apresentação merecem uma análise para salientar a utilidade do uso do software para abordagens de temas abstratos.

Quando os alunos foram questionados sobre a existência de movimento das moléculas em substâncias sólidas alguns alunos afirmaram que em tais substâncias não existe movimentação das moléculas, pois substâncias sólidas são substâncias rígidas.

Para abordar este os conceitos envolvidos na afirmação dos alunos a partir do software *Estados da Matéria*, é interessante escolher como substância confinada no recipiente da simulação a *Água*. A vantagem desta escolha é o conhecimento geral de que água é uma substância sólida para temperaturas abaixo de zero grau Celsius. Embora o software

represente a temperatura da substância confinada em graus Kelvin, esta escala de temperatura é facilmente convertida pelos alunos somando o valor numérico da escala em graus Celsius a 276. Dessa forma para qualquer temperatura abaixo de 276 K a água será uma substância sólida.

Na simulação realizada pelo software *Estados da Matéria* não é possível observar a formação de cristais de gelo para temperaturas próximas a 276 K, e sim por volta de 176 K, ou seja – 100° C. Como mostra a **Figura 48**.

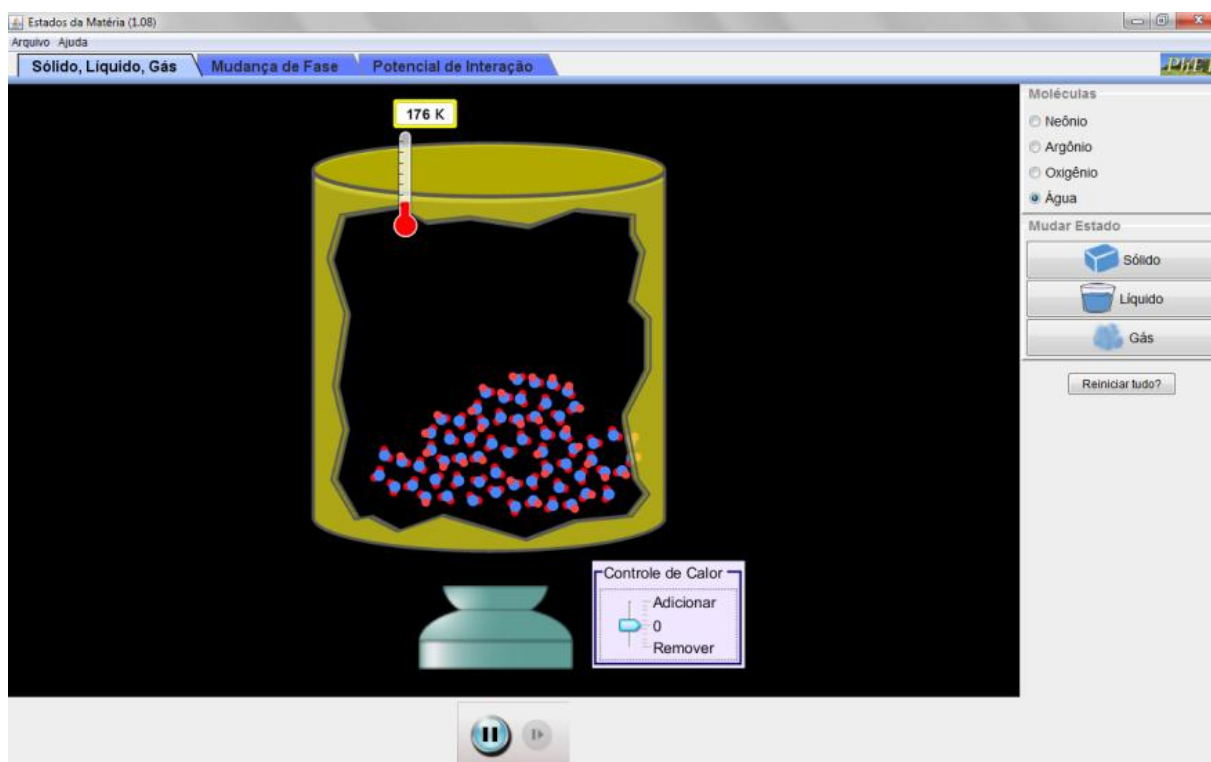


Figura 48: Software *Estados da Matéria*, temperatura da água em torno de 176K para a visualização da formação de cristais.

Representar a formação de cristais pelo software permite o aluno observar o arranjo molecular de uma molécula de água em estado sólido. Embora os cristais estejam formados é possível visualizar que o movimento das moléculas ainda é intenso. Desta forma ficará representado que mesmo em substâncias sólidas ainda existe movimento das moléculas que compõem a substância, portanto existe energia interna na substância.

É interessante, a partir deste ponto, utilizar a ferramenta *Controle de Calor* para reduzir a temperatura da substância até 0 K. Quando atingida esta temperatura será possível observar que não existe movimentação molecular. Portanto é uma boa ilustração para representar o conceito de zero absoluto que segundo (HEWITT, 2002, p. 277) **Zero Absoluto** é a mais baixa temperatura possível que qualquer substância pode alcançar – a temperatura na qual as moléculas da substância têm energia cinética mínima. Embora o software faça a

simulação a partir do conceito teórico o Zero Absoluto é impossível, pois é um conceito abstrato e não pode ser observado.

## Considerações sobre o uso do software *Estados da Matéria*

O conceito de Zero Absoluto, assim como as formas como foram apresentados os conceitos de Calor e Temperatura, carece do pensamento de sistemas atômicos e moleculares. Este pensamento requer uma abstração mental por parte do estudante, pois são sistemas dos quais é impossível sua visualização. Um ponto importante do uso de simulações computacionais para a abordagem de tais conceitos é o fato da representação visual pelo simulador para que o estudante tome tal representação como modelo representativo e mental, não necessitando imaginação do modelo por parte do estudante.

É importante salientar que a abstração, para o entendimento conceitual da Física, é um importante fator utilizado pelo estudante, e a utilização de representações visuais, no caso das Moléculas representadas pelo software *Estados da Matéria*, é interessante para uma representação inicial. O exercício da abstração mental deve ser feito por todo estudante que deseja progredir intelectualmente.

# CAPÍTULO

## 4. Considerações Finais

O conteúdo deste trabalho faz a comparação das apresentações de conceitos físicos através de obras didáticas e as possibilidades que podem existir com o uso de softwares educativos para estas apresentações. Estas comparações foram feitas para explicitar a dinâmica do uso de um software educativo quando utilizados como instrumentos para o ensino de física.

Quando o professor utiliza somente de obras didáticas para preparar suas aulas, como mediador do conhecimento ele deve transmiti-lo a seus alunos da maneira mais eficaz possível. Transmissão que na maioria dos casos ocorre através do uso da voz e textos escritos em lousa. As melhores representações visuais que podem ocorrer neste tipo de apresentação são ilustrações feitas desenhadas na lousa pelo próprio professor.

É interessante pensar a respeito das condições necessárias para a utilização de softwares educativos em escolas de educação básica da rede pública de ensino. Uma sala de aula repleta de computadores individuais para cada estudante, não como um laboratório de informática, mas uma sala de aula comum é a condição almejada dos professores que trabalham através de apresentações multimídia. Mas na situação normal, descrita nos capítulos anteriores, ficou evidente que o trabalho com softwares didáticos pode ser feito antes que tal evolução em infraestrutura seja necessária. Com poucos equipamentos, apenas um projetor multimídia portátil e um notebook, um trabalho eficaz com o uso de softwares educativos ainda pode ser feito.

O que se deve levar em conta sobre o uso dos softwares educativos em apresentações de conceitos feitas em sala de aula são as possibilidades da dinâmica visual, as situações físicas e simulações de experimentos são observadas pelo público de forma animada e bem representada, situação impossível de ser reproduzida pelo professor quando equipado apenas com giz e lousa. Um exemplo é a utilização do software *Parque Energético para Skatistas* para abordagem do tema Conservação da Energia Mecânica. Este software possibilita o estudante analisar sob o ponto de vista teórico, vários pontos intermediários das transformações de energia no movimento do skatista na pista de skate. Com ilustrações

animadas, ferramentas de gráficos que apresentam os valores de energia instantâneos e possibilidades de interação impossíveis até mesmo em um laboratório real, como a alteração da aceleração gravitacional no ambiente de simulação física.

Mas não é somente a ilustração visual ou animação que é possibilitada pelo uso de softwares didático. Estratégias de utilização como laboratórios virtuais ou para elaboração de questões sobre os sistemas físicos simulados pelos softwares, podem introduzir novas dinâmicas para o ensino e aprendizagem de Física. Estas possibilidades oferecem ao aprendiz chances de aprendizado mais ricas e consistentes do que abstrações exigidas por exercícios teóricos.

As recentes tecnologias de base informática abriram novas perspectivas para o ensino e aprendizagem das ciências em geral e da Física em particular. Os diversos modos de utilização do computador (aquisição de dados, modelização e simulação, multimídia, realidade virtual e Internet) permitiram a diversificação de estratégias no ensino. O professor dispõe de novas possibilidades para transmitir conteúdos e os alunos dispõem de uma maior variedade de meios para aprender. (FIOLHAIS, 2003, p. 271)

Sendo possível variar a aceleração gravitacional do ambiente na simulação do software, observar o movimento de moléculas e sistemas subatômicos, ou visualizar instantaneamente os valores de energia dos sistemas simulados, os softwares educativos permite ao usuário a observação de condições impossíveis em laboratórios reais. Tal condição pode contribuir para uma análise crítica do sistema físico em estudo através de pontos de vista não convencionais, contribuindo para um aprendizado mais sólido.

Outro ponto importante a ser salientado é a familiaridade que os alunos têm com conceitos que lhes são apresentados em primeira mão. Não é de se esperar que somente analisando visualmente, sem qualquer orientação profissional, o aluno compreenda o conceito físico trabalhado no software educativo. Alguns softwares não são autoexplicativos ou não contém textos que podem orientar o aluno para sua utilização. Sempre que um professor utilizar de softwares educativos para apresentar qualquer conteúdo de física o papel do software dentro da apresentação deve ser muito bem definido, seja ele para a aplicação de um laboratório virtual de física, para a demonstração de situações animadas que ilustrem o tema em estudo, ou para a apresentação experimento de cátedra.

Quando um software educativo é o instrumento de trabalho de um professor, mesmo quando utilizado com a proposta de um laboratório virtual, o software por si só não relata o quão abrangente pode ser um conceito por ele trabalhado, por exemplo, o simulador *PhET Parque Energético para Skatistas*, ilustra a transformação de Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética ou Energia Térmica, mas nada cita a respeito da transformação de

Energia Potencial em Energia Elétrica, processo utilizado em usinas Hidrelétricas. Ficaria a cargo do professor que utiliza o software citar as mais diversas aplicações do tema estudado para que este seja entendido pelos alunos como parte de seu cotidiano, e que fique claro que a transformação da Energia Potencial Gravitacional em Energia Cinética não é um processo que ocorre somente com skatistas em queda nas rampas, já que o software didático *Parque Energético para Skatistas* ilustra somente esta aplicação, mas é uma propriedade que se aplica a qualquer objeto físico. Desta forma os softwares educativos jamais devem ser tomados como os únicos materiais recorridos pelos professores quando pretendem ensinar física de maneira dinâmica e interessante. A experimentação concreta, vivência dos estudantes, ilustração em lousa, apresentação oral e livros didáticos nunca devem ser substituídos, mas somados aos softwares didáticos neste processo complexo que se chama Ensino de Física.

## Referências

Rezende, F.: “A Hipermídia e a Aprendizagem de Ciências: Exemplos na Área de Física”, Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005.

Paulino, A. R. S.: “Física, O “Monstro” Do Ensino Médio: A Voz Do Aluno”, XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2002.

Pinto, C.C.: “Tecnologias e novas educações”, Revista Brasileira de Educação, v. 11, n. 31, 2006.

Arrigone, G.M.: “Uso Das Experiências De Cátedra No Ensino De Física”, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, 2011.

Fiolhais, C.: “Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas”, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003.

Heineck, R.: “Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa”, Revista Iberoamericana de Educación, n.º 42/6, 2007.

Arantes, A.R.: “Objetos de aprendizagem no ensino de física: Utilizando Simulações do PhET”, Física na Escola, v. 11, n. 1, 2010.

Júnior, F. M. O.: “O Uso De Simulações Computacionais Como Ferramenta De Ensino E Aprendizagem Dos Conceitos De Circuitos Elétricos”, XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011.

Tipler, P.A.: “Física para Cientistas e Engenheiros”, v.1, 6ª Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, 2009.

Hewitt, P.G.: “Física Conceitual”, 9ª Edição, Editora Bookman, 2002.

PhET – Physics Education Technology, Universidade do Colorado: Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>> acesso em 20 de junho de 2011