

# Ampliando as atividades resolução de problemas de mecânica em nível médio a partir da construção de simulações computacionais com o software Modellus

## RESUMO

**Marcelo Esteves de Andrade**  
[marcelo.andrade@ifes.edu.br](mailto:marcelo.andrade@ifes.edu.br)  
Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Núcleo de Estruturação do Ensino de Física (NEEF), Cariacica, Espírito Santo, Brasil.

Neste artigo propomos uma abordagem que busca complementar e ampliar as atividades de resolução de problemas de física em nível médio através da construção, exploração e uso de simulações computacionais de situações físicas a partir de problemas extraídos de questões de exames vestibulares de diversas Instituições do País. As simulações foram construídas usando o software Modellus. Este programa é um software livre que permite a modelização e animação de situações físicas a partir da escrita das suas equações matemáticas. Mostramos então a construção de um conjunto de quatro simulações que abordam alguns conteúdos da área de mecânica em nível médio. Juntamente com as simulações são propostas questões para ajudar na análise e exploração das situações descritas nos problemas e nas simulações. Descrevemos também uma breve intervenção didática em uma turma da 1ª série do ensino médio usando uma das simulações descritas a partir da abordagem didática conhecida como Demonstração Investigativa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resolução de problemas. Simulação computacional. Mecânica.

## INTRODUÇÃO

Boa parte do tempo das aulas de física em nível médio e também superior é dedicada a resolução de exercícios e problemas dos livros textos adotados. Em geral, os professores de física, passam extensas listas para que os seus alunos possam resolver em sala de aula ou no tempo extraclasse de forma coletiva ou individual. O que se vê na prática muitas vezes é que a resolução destas questões geralmente é feita de forma mecânica, onde apenas os aspectos operacionais da resolução em si são enfatizados. Por sua vez, a descrição fenomenológica das situações abordadas nas questões ou problemas não é tratada, e desta forma se perde uma grande oportunidade de levar os alunos a uma análise mais profunda do fenômeno e da situação estudada. Muitas das questões encontradas nos livros textos de física de nível médio são questões de exames vestibulares que por sua vez foram preparadas para processos de seleção altamente concorridos e que tem como objetivo primário o de classificar e eliminar candidatos que concorrem a vagas nestas instituições. Porém, se fizermos uma análise de muitas destas questões destes exames vamos encontrar ali situações físicas interessantes e que possuem um grande potencial para levar os alunos a entenderem os princípios, leis e conceitos envolvidos nas questões apresentadas. No entanto, para que isto se concretize, é preciso que a metodologia e estratégia empregada na abordagem destas questões por parte do professor não se limite apenas a sua resolução operacional.

Segundo Clement, Terrazan e Nascimento (2003) a matematização excessiva e, por conseguinte, a falta de abordagens mais qualitativas e de uma maior contextualização, fazem com que o ensino de Física mantenha seu caráter puramente propedêutico não conseguindo despertar a curiosidade dos estudantes em relação aos fenômenos estudados. Estes autores também destacam que é comum durante a prática tradicional de resolução de problemas os alunos conseguirem apenas resolver problemas similares aos anteriores, mas fracassarem ou desistirem frente a novas situações.

De acordo com Gil Pérez e Martinez Torregrosa, (1987) a resolução de problemas só será eficaz caso exista a presença de aspectos de natureza investigativa em seus planejamentos, e para isso elas não podem se restringir a aplicação de exercícios que necessitam apenas da utilização de algoritmos de resolução memorizados a partir de situações repetitivas.

Para atingir este objetivo o processo de argumentação por parte dos alunos nas atividades de resolução de problemas se torna crucial, pois este processo em geral, é desencadeado, segundo Belucio e Carvalho (2012), pela problematização e pode promover o surgimento de ideias que são justificadas até que os estudantes cheguem a uma explicação e desta forma a aprendizagem é potencializada. De acordo com Toulmin (2006) este tipo de argumentação possui características específicas para cada área do conhecimento, características estas chamadas de campo-dependentes, que devem estar presente na argumentação dos estudantes a partir da problematização proposta. Belucio e Carvalho (2012) destacam algumas destas características da argumentação científica presentes no ensino de ciências e que podem ser utilizadas em atividades de resolução de problema com um caráter investigativo. São elas:

- a) Sieriação;

- b) classificação e organização de informações;
- c) levantamento e teste de hipóteses;
- d) justificativa;
- e) explicação;
- f) previsão;
- g) abdução;
- h) dedução;
- i) indução;
- j) raciocínio lógico e proporcional.

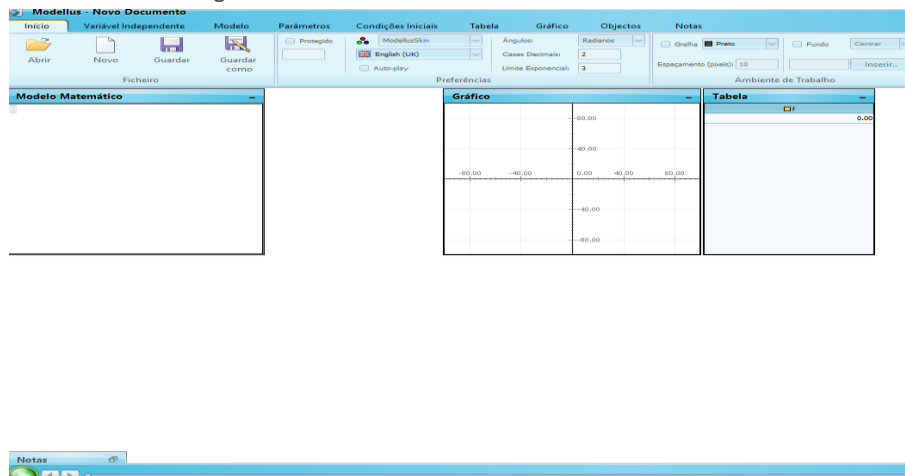
Carvalho (2011) também destaca alguns aspectos de atividades problematizadoras numa abordagem investigativa que potencializam as interações sociais, que por sua vez também é um fator importante no processo de construção do conhecimento. Entre outras ela destaca: o estímulo à participação ativa do estudante; a importância da relação aluno-aluno; o papel do professor como elaborador de questões; o ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula; e a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

### **A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA E O USO DE SIMULAÇÕES**

Uma proposta alternativa para uma melhor e mais abrangente utilização das atividades de resolução de problemas no ensino de física é a inserção do uso de simulações computacionais nestas atividades. A partir da construção de uma simulação da situação descrita no problema proposto é possível, além de visualizar virtualmente o fenômeno na animação, explorar os detalhes da situação de forma mais dinâmica utilizando recursos que extrapolem o uso do “lápiz e papel” ou “quadro e giz”, de modo que os alunos possam ter um contato mais concreto com o objeto de estudo. A partir das simulações construídas com base nos enunciados das questões é possível então propor perguntas que vão além das abordadas no enunciado inicial da questão proposta. Descrevemos então neste artigo a construção de algumas simulações baseadas em problemas de mecânica de nível médio retirados de questões de exames de vestibulares de diversas instituições de ensino superior brasileiras. Ao final do artigo descrevemos a aplicação de uma atividade de resolução de problemas com o uso de uma destas simulações numa turma da 1ª série do ensino médio, numa escola da rede pública federal.

Para construir estas animações propomos a utilização do programa computacional Modellus, que é um software livre desenvolvido em Portugal para fins educacionais na área de ciências e matemática. O Modellus permite a construção de simulações através da escrita do modelo matemático que rege o fenômeno a ser simulado. Para utilizá-lo não é necessário que o usuário tenha qualquer conhecimento de programação, basta apenas manipular suas ferramentas, que por sua vez são bem intuitivas e trabalhar com as funcionalidades que o programa disponibiliza, tais como gráficos, imagens, vetores, tabelas entre outros. Na figura 1 vemos a área inicial de trabalho do software Modellus.

Figura 1 – Área de trabalho do software Modellus



Fonte: Autoria própria (2018).

Como já foi dito, alguns aspectos e habilidades importantes na resolução de problemas de física e entendimento das situações envolvidas em geral são deixados de lado, um deles é a análise gráfica. Com a construção da simulação no programa Modellus é possível visualizar os gráficos relativos as variáveis do fenômeno analisado. De acordo com Araujo, Veit e Moreira (2002) ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade importante para cientistas e professores, porém pouco compreendida pelos estudantes. Propiciar condições para que os alunos aprendam a interpretá-los e utilizá-los como uma das possíveis representações de fenômenos físicos contribui, não somente para a aprendizagem do conteúdo abordado mas também para a aprendizagem futura de outros conteúdos.

Quando associamos atividades de resolução de problemas com o uso de simulações outro aspecto, também muito importante no ensino da física aparece, que é a noção de modelo, modelagem e idealização. Sabemos que as questões teóricas apresentadas em geral são idealizações da realidade física e que por vezes essa noção de modelo não é enfatizada pelo professor na hora de resolver o problema em questão. De acordo com Brandão, Araujo e Veit (2008) estratégias didáticas baseadas na noção e uso de modelos surgem como alternativas para inserção de conteúdos de natureza epistemológica que, imbricados com conteúdo de física, propiciam aos alunos uma visão mais holística sobre a natureza e a construção do conhecimento científico. Este aspecto não aparece naturalmente, é preciso que o professor leve os alunos à percepção desta característica da análise do fenômeno em questão, que por sua vez é um modelo simplificado da natureza. Perguntas como: “O que não estamos levando em consideração nesta situação” ou “Se considerarmos a influência deste fator no fenômeno o que seria diferente”, podem levar os alunos a perceberem que as situações foram construídas a partir destas idealizações e simplificações. Neste caso a utilização de uma simulação construída no software Modellus poderá contribuir para tal pois ele permite não só a mudança nos valores das variáveis envolvidas no fenômeno como também a inclusão de novas variáveis a partir da modificação do modelo matemático.

## CONSTRUINDO SIMULAÇÕES DE MECÂNICA A PARTIR DE QUESTÕES DE EXAMES

Apresentaremos agora quatro exemplos de simulações que foram construídas no software Modellus a partir da modelização de problemas de física do conteúdo de mecânica que foram extraídas de questões de exames de vestibulares. O conteúdo de mecânica geralmente é ministrado na 1ª série do Ensino Médio. Os fenômenos relativos à mecânica são mais facilmente construídos no software Modellus, principalmente os fenômenos que são regidos por equações temporais, mas ele também permite a construção de simulações de situações estáticas, ou também de outros tópicos como ótica e ondas.

Como já foi dito a ideia da proposta é que através do uso das simulações das questões a situação física possa ser explorada de forma mais ampla através das ferramentas que o programa fornece. Além da construção da simulação e da animação em sí, inserimos também outras questões que podem ser propostas pelo professor em sala de aula para os seus alunos.

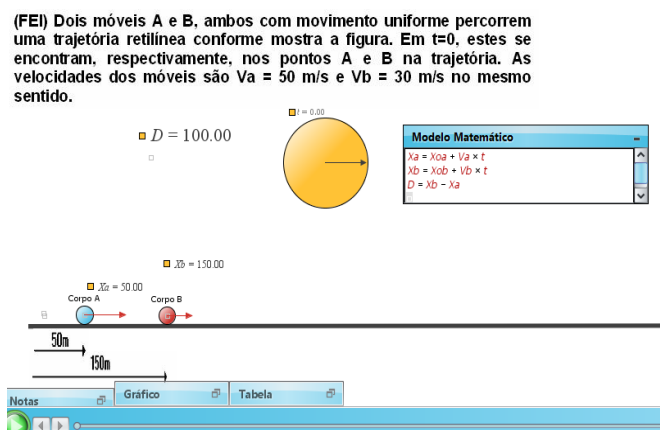
### O problema envolvendo o encontro de dois corpos

O primeiro exemplo mostrado aqui se trata de um problema de cinemática simples que envolve o encontro de dois corpos. A situação foi retirada de uma questão de exame vestibular do Centro Universitário FEI. O enunciado da questão diz o seguinte:

Dois moveis A e B, ambos com movimento uniforme percorrem uma trajetória retilínea. Em  $t=0$ , estes estão localizados, respectivamente, nos pontos A (50m) e B (150m) na trajetória. As velocidades dos moveis são  $V_a= 50\text{m/s}$  e  $V_b=30\text{m/s}$  no mesmo sentido. Em qual ponto da trajetória ocorrerá o encontro dos móveis? Em que instante a distância entre os dois moveis será de 50 m?

Inicialmente escrevemos as equações das posições para cada um dos dois corpos A e B no modelo matemático ( $X=X_0+V.t$ ), e em seguida o programa permite a substituição dos parâmetros por valores numéricos. Neste caso os parâmetros são as posições iniciais e as velocidades dos corpos. Após esta etapa inserimos duas partículas que vão representar os corpos e atrelamos o movimento destas partículas às equações de movimento de cada um deles. Na figura 2 temos a ilustração da simulação desta questão construída no programa Modellus.

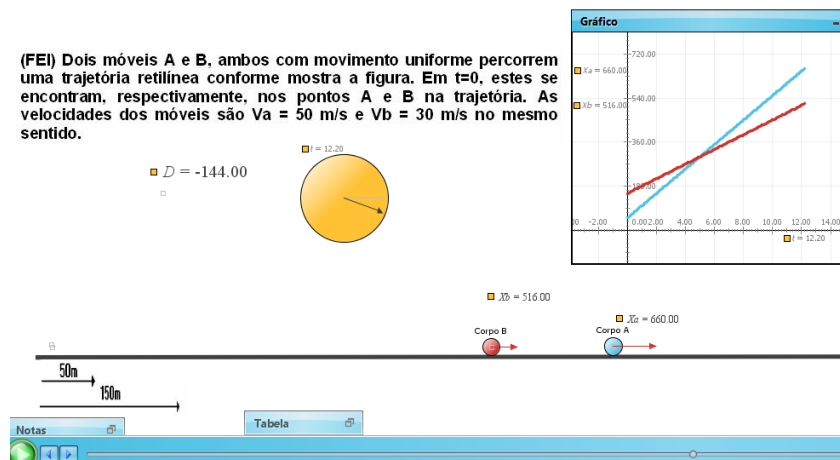
Figura 2 – Simulação do problema envolvendo o encontro de dois corpos



Fonte: Autoria própria (2018).

O programa permite a visualização dos gráficos de quaisquer variáveis envolvidas na situação. Na figura 3 podemos ver o gráfico posição por tempo de cada um dos moveis. Também seria possível visualizar os gráficos das velocidades por tempo de cada um dos corpos. Através da apresentação desta simulação numa aula de física o professor pode levar os alunos a explorarem a situação através da proposição de outras questões que vão além das questões colocadas no texto da questão. Perceba que isso não exclui a necessidade da resolução analítica da questão mas sim inclui a possibilidade de complementar esse tipo de resolução levando o aluno a ampliar o seu conhecimento. As mesmas perguntas também podem ser feitas alterando os valores dos parâmetros iniciais e assim gerar uma nova discussão em torno da situação. Para responder a questão inicial basta igualar as funções das posições de cada um dos corpos e calcular o tempo, que neste caso será igual a 5s. Em seguida é só substituir este tempo na equação da posição de um dos corpos. Neste caso teremos como resposta a posição igual a 300m. A segunda pergunta feita terá duas respostas e pode ser respondida fazendo  $X_b - X_a = 50$ , onde encontraremos o tempo de 2,5s, que é a situação onde a distância entre os corpos é de 50m com o corpo B na frente do corpo A. Também podemos fazer  $X_a - X_b = 50$  onde encontraremos o tempo de 7,5s, que é a situação onde a distância entre os corpos é de 50m com o corpo A na frente do corpo B.

Figura 3 – Situação do movimento dos corpos para um  $t > 0$  com os gráficos das posições por tempo



Fonte: Autoria própria (2018).

Para ampliar a análise da situação descrita podemos ainda propor outras questões complementares para problematizar ainda mais a situação e levar os alunos a uma compreensão que vai além dos aspectos operacionais da situação. Alguns exemplos de questões que podem ser trabalhadas e simuladas na situação são as seguintes:

Se alterarmos os valores das velocidades dos dois corpos, em que situação eles não irão se encontrar?

b) Olhando para os dois gráficos mostrados (Azul e vermelho), como podemos indicar qual gráfico está associado a qual corpo?

c) Por que estes gráficos se cruzam? O que representa o ponto de cruzamento?

d) Se aumentarmos as velocidades dos dois corpos, porém mantendo a diferença entre elas, que é de 20m/s, o tempo de encontro aumenta, diminui ou permanece o mesmo?

e) Se o corpo que está a frente inicialmente possuir aceleração é possível que o corpo de trás o alcance?

Estas questões podem ser feitas oralmente pelo professor, ou também podem ser propostas de forma escrita para que os alunos respondam em pequenos grupos. As perguntas que sugerem uma modificação na situação podem ser visualizadas e simuladas novamente através da modificação, não só dos valores iniciais das variáveis, como também pela alteração do próprio modelo matemático, como no caso de se inserir aceleração como proposto na questão “e”. O professor pode então observar os alunos enquanto respondem as questões e sempre evitar dar as respostas diretamente a eles. Após um tempo para a resposta das questões poderá então ser feita uma discussão geral com mais uma vez a visualização da simulação.

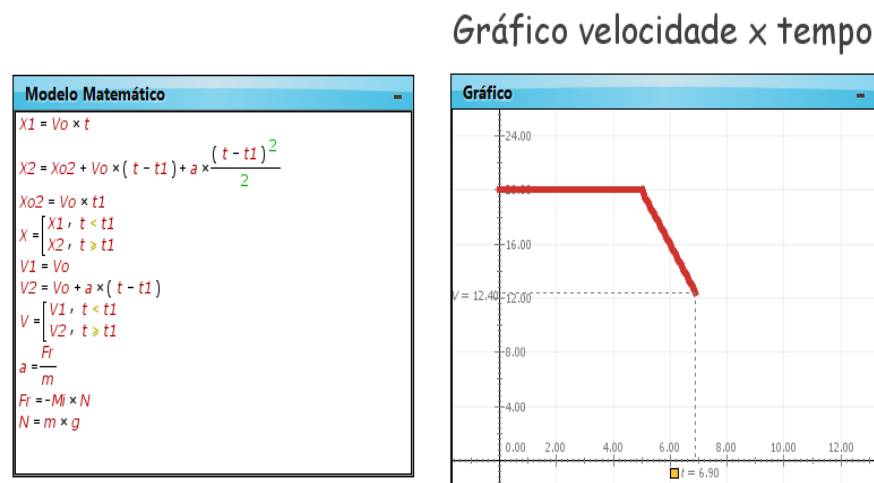
### Carro desacelerando sob uma força de atrito

Para a construção da próxima simulação utilizamos uma situação envolvendo a frenagem de um automóvel a partir de uma força de atrito. O enunciado foi retirado de uma questão do vestibular da Fuvest que traz o seguinte texto:

Um automóvel de massa 1000kg, movendo-se inicialmente com velocidade de 72km/h é freado (em movimento uniformemente desacelerado) e para, após percorrer 50m. Calcule a força, o tempo de freamento e o valor do coeficiente de atrito.

Resolvendo a questão analiticamente podemos calcular a aceleração usando a chamada equação de Torriceli ( $V^2=V_0^2+2.a.DX$ ). Aplicando em seguida a segunda lei de Newton encontramos uma força de atrito igual a 4000N e em seguida o coeficiente de atrito cinético igual a 0,4. Usando a equação da velocidade ( $V = V_0+a.t$ ) determinamos o tempo de freamento como sendo 5s. Para construir a simulação, o professor deve previamente resolver a situação descrita para então montar a simulação com base nestas condições iniciais. Para ampliar a análise e torná-la um pouco mais real, dividimos a situação em duas partes. A primeira delas antes da frenagem, com o automóvel se movendo a 72km/h, e a segunda durante a frenagem até que o automóvel chegue ao repouso. Para isso usamos a ferramenta do programa que impõe uma condição ao movimento do automóvel dividindo-o então em duas partes. Neste caso a primeira parte sem aceleração com uma velocidade constante e a segunda parte com uma desaceleração. Na figura 4 podemos ver o modelo matemático utilizado e também o gráfico da velocidade por tempo do movimento do automóvel gerado pelo programa.

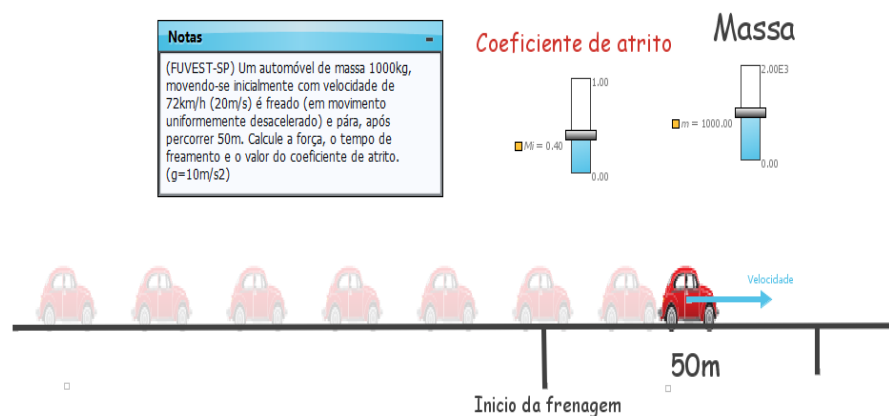
Figura 4 – Modelo Matemático e gráfico velocidade por tempo para o movimento do carro



Fonte: Autoria própria (2018).

O tempo  $t_1$ , foi o tempo em que o automóvel se movimentou com velocidade constante até começar a frenagem. As posições e velocidades 1, se referem exatamente ao período antes da frenagem, já as posições e velocidades 2 se referem ao período durante a frenagem. Na figura 5 podemos ver a simulação da situação.

Figura 5 – Simulação carro em processo de frenagem



Fonte: Autoria própria (2018).

Na construção da simulação, incluímos também dois botões, um que permite a mudança do coeficiente de atrito e outro que permite a mudança da massa do automóvel. A partir disto, abrimos a possibilidade de uma análise da situação envolvendo a mudança destes parâmetros. Algumas questões que também podem ser propostas para análise da situação são as seguintes:

- a) O que acontece com a distância da frenagem se variarmos (aumentando ou diminuindo) o coeficiente de atrito?



- b) O que acontece com a distância da frenagem se variarmos (aumentando ou diminuindo) a massa do automóvel?
- c) Quais fatores do problema influenciam no tempo de frenagem?
- d) Explique o comportamento do gráfico velocidade por tempo para a situação.
- e) Como seria o gráfico posição por tempo para o movimento do carro antes e durante a frenagem?

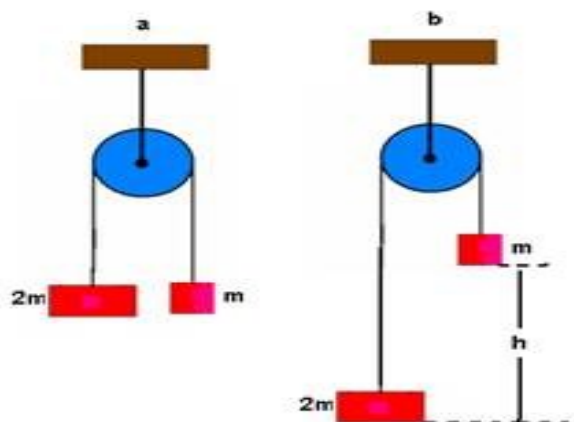
Estas e outras questões podem servir de base para aprofundar a discussão da situação descrita. Ao prever o que poderá acontecer na situação ao mudar os parâmetros como massa e coeficiente de atrito, os alunos são levados a levantar hipóteses e explicitar seus conhecimentos prévios ou espontâneos. Mais uma vez destacamos a necessidade do professor oportunizar situações problematizadoras que podem então ser feitas através da proposição de questões apropriadas, gerando então a discussão entre os pares e também com o professor de modo a dinamizar o processo de ensino.

### Maquina de Atwood

No próximo exemplo construímos uma simulação para o sistema chamado de “Máquina de Atwood”, que consiste em dois corpos ligados a uma corda que ficam suspensos a partir de uma polia fixa. O problema é conhecido como uma aplicação das leis de Newton. A simulação foi criada a partir da situação descrita numa questão de vestibular da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A questão traz o seguinte enunciado:

O sistema ilustrado na figura abaixo é uma máquina de Atwood. A roldana tem massa desprezível e gira livremente em torno de um eixo fixo perpendicular ao plano da figura, passando pelo centro geométrico da roldana. Uma das massas vale  $m$  e a outra  $2m$ . O sistema encontra-se inicialmente na situação ilustrada pela figura “a”, isto é, com as duas massas no mesmo nível. O sistema é então abandonado a partir do repouso e, após um certo intervalo de tempo, a distância vertical entre as massas é  $h$  (figura b). Calcule o módulo da velocidade de cada uma das massas na situação mostrada na figura b.

Figura 6 – Imagem ilustrativa da questão de vestibular da UFRJ que trata da máquina de Atwood

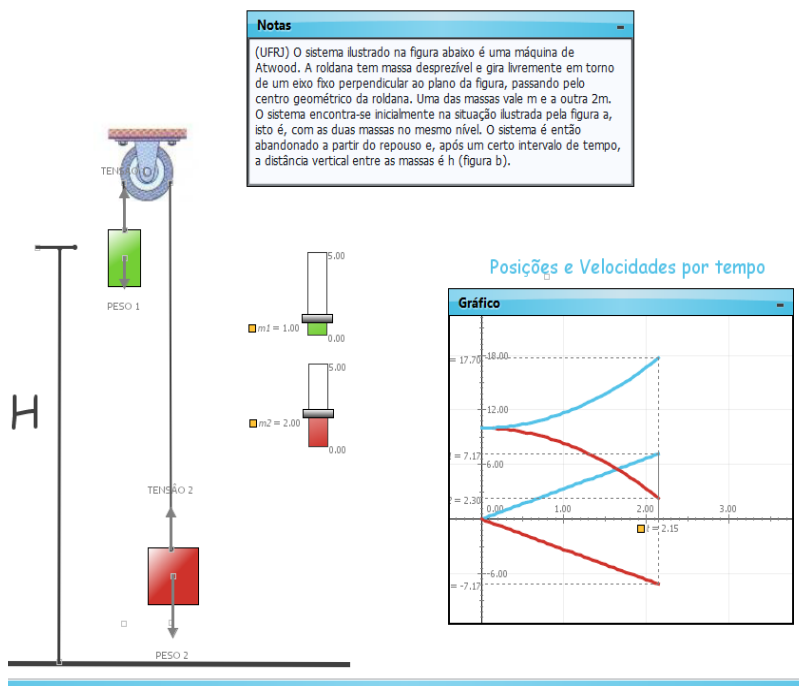


Fonte: Autoria própria (2018).

Aplicando a 2ª lei de Newton sobre o sistema de corpos concluímos que a aceleração de cada bloco será igual a  $g/3$ . Também é fácil mostrar que a velocidade final de cada bloco será igual a  $(g \cdot h/3)^{1/2}$ , uma vez que cada corpo percorrerá uma distância igual a  $h/2$ . O problema neste caso não trabalha com valores numéricos, então para rodar a simulação usamos inicialmente a massa  $m$  como sendo 1kg e a distância  $h$  como 20m, e consideramos que a altura  $h$  é medida a partir do solo. Criamos então o modelo matemático com as funções das posições e das velocidades (ambas na direção vertical) para os dois blocos. É sabido que os blocos terão a mesma aceleração porém em sentidos diferentes. O bloco de massa  $2m$  descerá e o bloco de massa  $m$  subirá. Escrevemos então a 2ª lei de Newton para cada um dos blocos no modelo matemático, onde as forças aplicadas em cada bloco são as tensões e os pesos. Inserimos também vetores para as forças aplicadas em cada bloco.

Na figura 7 podemos observar a simulação já depois de pronta. A imagem mostra os gráficos posição e velocidade por tempo de cada um dos corpos. Os gráficos em azul são referentes ao corpo de massa  $m$  e os gráficos em vermelho são referente ao corpo de massa  $2m$ . Neles podemos observar a simetria que existe nos movimentos tanto em relação a posição quanto a velocidade representando a oposição no sentido dos movimentos dos corpos. Para os valores inseridos o corpo  $2$  chegará ao “chão” depois de 2,44s e com uma velocidade de 8,16m/s.

Figura 7 – Simulação da máquina de Atwood



Fonte: Autoria própria (2018).

Acreditamos que está é uma situação muito rica em análise, pois podemos estudar tanto a cinemática quanto a dinâmica do movimento dos dois corpos. Para tanto propomos as seguintes questões para serem trabalhadas juntamente com a visualização inicial da simulação e a resolução escrita da situação.

- Se a massa dos dois corpos for dobrada o que acontece com o tempo que o bloco  $2m$  gastará para chegar até o chão?
- Se aumentarmos apenas uma das massas, o que isso modificará no movimento dos blocos?
- Mantendo a proporção  $m$  e  $2m$  para as massas dos corpos é possível alterar o valor da aceleração mudando o valor de  $m$ ?
- Por que os gráficos tanto da posição por tempo quanto da velocidade por tempo são invertidos para os dois corpos?

Na pergunta “a” espera-se que os estudantes cheguem a conclusão de que não haverá alteração no tempo, visto que a aceleração dos blocos continuará a mesma quando mudamos a massa na mesma proporção, porém esta conclusão não é óbvia e direta. É preciso que haja uma discussão e que eles se utilizem de algumas das características campo-dependentes já no texto, de modo que os estudantes consigam chegar numa resposta para a questão. As perguntas “b” e “c” também reforçam esta ideia e tem o objetivo de aumentar a discussão. A pergunta da letra “d” leva os alunos a uma análise do sentido dos movimentos dos corpos, que por sua vez é representado através do comportamento dos gráficos da posição e velocidade por tempo. A situação por sua vez permite a inserção de outras

questões por parte do professor, que poderão ser incluídas caso haja tempo e espaço em seu planejamento de aula.

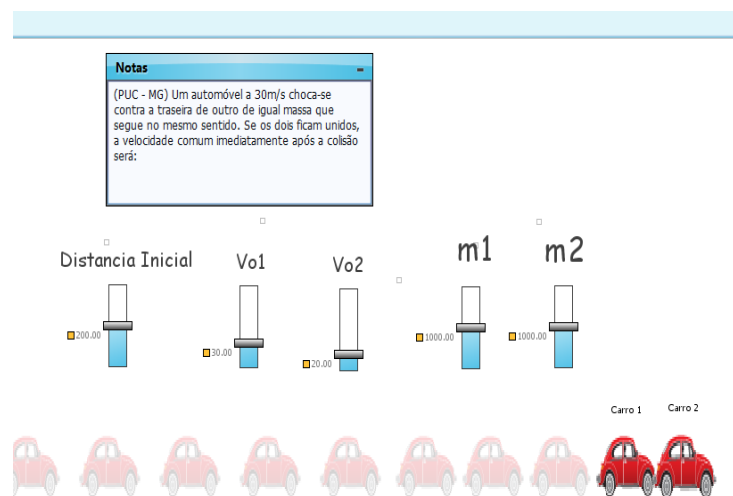
### Colisão entre dois automóveis

A próxima situação a ser simulada envolve outro tema importante dentro da mecânica, que é a conservação do momento linear no contexto das colisões. Neste tópico é preciso que o professor faça o destaque de que nas colisões estudadas acabamos não levando em conta os efeitos das deformações permanentes, que é o que geralmente acontece nas colisões entre automóveis. A simulação foi construída a partir do enunciado de uma questão do exame de vestibular da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. O texto traz a seguinte situação:

Um automóvel a 30m/s choca-se contra a traseira de outro de igual massa que segue no mesmo sentido a 20m/s. Se os dois ficam unidos, a velocidade comum imediatamente após a colisão será:

A resolução analítica deste problema é extremamente simples, e pode ser obtida aplicando o princípio da conservação da quantidade de movimento do sistema antes e depois da colisão. Fazendo isto chegamos a um valor de 15m/s para a velocidade final dos carros. Porém a construção do modelo e sua simulação permitem uma análise mais ampla da situação proposta. Na própria construção do modelo temos já uma característica interessante desta situação que é o fato de o problema se constituir em duas fases, uma antes da colisão e outra após. Para isso é preciso que se use mais uma vez a ferramenta condição do programa Modellus, de modo que cada um dos carros execute um tipo de movimento antes da colisão e depois da colisão. Fizemos isso imputando uma condição no tempo, onde criamos a variável tempo de colisão ( $t_c$ ) que é dada pela razão entre a distância inicial dos automóveis, dividida pela velocidade relativa entre eles. A partir deste fator condicionante, pode-se animar o movimento dos carros para o antes e o depois da colisão. A figura 8 mostra a animação da situação no programa Modellus.

Figura 8 – Animação da situação de uma colisão entre dois carros no programa Modellus.

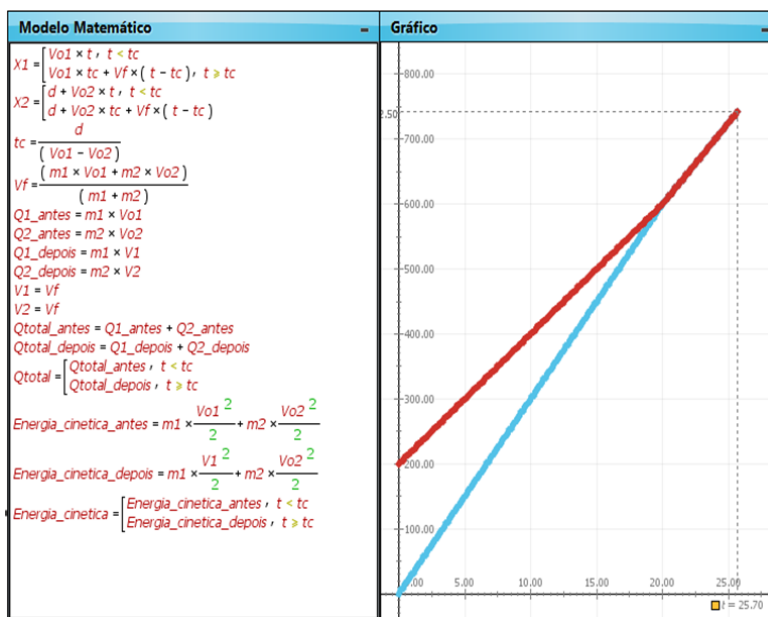


Fonte: Autoria própria (2018).

Para construir a simulação e usar o tempo  $t_c$ , tivemos também que colocar uma distância inicial entre os carros para visualizar o movimento antes da colisão. Neste caso usamos o valor de 200m para esta distância. Nesta simulação inserimos botões que permitem alterar a distância inicial dos carros, as suas velocidades iniciais, e as massas de cada um deles. O problema não informa valores para as massas dos automóveis, diz apenas que elas são iguais. Porém, utilizamos 1000kg como valor inicial da massa de cada carro. Com estes botões podemos fazer alterações destes valores e ver o que acontece com o movimento dos carros. Na simulação também podemos ver os gráficos posições por tempo para ambos os carros, e a partir disto podemos também fazer uma análise mais detalhada do movimento a partir destes gráficos.

Na figura 9 podemos ver também o modelo matemático para a simulação, que envolve as posições dos carros antes e depois da colisão, o tempo para a colisão ( $t_c$ ) e também a velocidade dos carros após a colisão. Incluímos no modelo matemático as energias cinéticas e as quantidades de movimentos de cada corpo antes e depois da colisão e também a energia cinética total e a quantidade de movimento total antes e depois da colisão. Podemos ver também os gráficos das posições dos corpos. O gráfico em vermelho mostra a posição em função do tempo para o carro que está a frente e o gráfico em azul mostra a posição em função do tempo para o carro que vem atrás. Após a colisão os dois gráficos se superpõem.

Figura 9 – Modelo matemático e gráficos posição por tempo dos dois carros



Fonte: Autoria própria (2018).

Após a visualização da simulação para os valores iniciais da situação pode-se propor as seguintes questões de análise para os estudantes:

- Quais fatores influenciam na velocidade final dos carros?
- Se dobrarmos as massas dos dois carros, o que acontece com a velocidade final deles, aumenta, diminui ou permanece a mesma?

c) Faça um esboço do gráfico velocidade por tempo para os dois carros antes e depois da colisão.

d) Observe o gráfico da energia cinética e da quantidade de movimento total do sistema ambos em função do tempo. O que se pode afirmar sobre a conservação da energia cinética e da quantidade de movimento?

e) Por que numa colisão “real” entre dois automóveis, a situação estuda geralmente não acontece?

As questões “a” e “b” permitem a análise dos fatores que influenciam na velocidade e como ela se altera através de uma variação de mesma proporção nas massas. Na questão “c” pode-se avaliar a habilidade dos estudantes em esboçar o gráfico da velocidade por tempo já tendo observado o gráfico posição por tempo. A questão “d” levanta a discussão da conservação da quantidade de movimento total e da energia cinética total do sistema antes e depois da colisão. Na pergunta da letra “e”, os estudantes são levados a pensar na diferença da situação estudada, que por sua vez é idealizada, com as situações reais de colisão entre automóveis.

Entendemos que as problematizações através das questões propostas são cruciais no processo de construção do conhecimento por parte dos estudantes, e que elas devem ser feitas de modo que promovam a discussão e o debate das ideias, tornando assim o papel dos alunos mais central no aprendizado. Aqui foram propostas apenas algumas questões que julgamos apropriadas para acompanhar as tarefas de resolução de problemas e análise das simulações. O professor pode propor outras questões que julgar serem adequadas ao seu contexto de ensino.

### **USANDO SIMULAÇÃO A PARTIR DE UMA DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA**

Relataremos agora uma breve aplicação da resolução de problemas com o uso de simulações que foi realizada numa turma da 1ª série de ensino médio de uma escola da rede pública federal de ensino. Utilizamos aqui a simulação “Carro desacelerando sob uma força de atrito” já descrita anteriormente no texto. A simulação foi utilizada no contexto do ensino de leis de Newton, mais especificamente no conteúdo que trata sobre as forças de atrito. A atividade foi realizada num momento onde os conceitos sobre forças de atrito estático e cinético já haviam sido trabalhados. Inicialmente foi mostrado aos alunos a simulação e discutida a situação física de modo que eles pudessem visualizar não só o fenômeno em si mas também os gráficos relativos as variáveis envolvidas. Em seguida foi realizada a resolução analítica da questão.

Num segundo momento foram propostas as questões adicionais “a, b e c” (já descritas no texto) criadas para esta simulação para ampliar a análise da situação descrita. Nesta etapa utilizamos o que Carvalho (1999) chama de demonstrações investigativas. Nesta estratégia de ensino o professor propõe questões de investigação sobre uma dada situação e os alunos devem, antes de observar o fenômeno, que pode ser de forma real através de um experimento ou de forma virtual com uma simulação ou vídeo, formular suas hipóteses sobre o que vai acontecer na situação descrita. Estas hipóteses devem ser feitas a partir de seus conhecimentos prévios ou intuitivos sobre o tema em questão. Esta estratégia possibilita que os alunos discutam as ideias entre si formulando argumentos sobre

o problema, ou seja, permite que eles pensem sobre o objeto de estudo que estão em contato.

Desta forma os alunos foram divididos em pequenos grupos e cada grupo recebeu as questões propostas em uma folha de papel. Eles tiveram um tempo para discutir e escrever as suas hipóteses na folha. Neste momento o professor apenas observava a turma e não era permitido o contato entre os grupos, a discussão deveria ser feita apenas entre os componentes do próprio grupo.

Depois de um certo tempo para que os grupos respondessem as questões escrevendo suas hipóteses era feito então a demonstração da situação descrita na questão através da simulação. Neste momento o professor solicitava a alguns grupos de lessem as suas hipóteses sobre a situação, e em seguida a demonstração virtual era feita através da visualização da simulação, que era vista através de uma projeção em tela. Logo após a demonstração uma discussão coletiva era realizada com os alunos de modo a explicar a verificação ou não de suas hipóteses. O objetivo central não era que os alunos acertassem a hipóteses mas sim que houvesse uma discussão das ideias relativas a situação. Na figura 10 podemos ver os alunos trabalhando em pequenos grupos para responder as questões propostas.

Figura 10 – Alunos respondendo as questões sobre a simulação



Fonte: Autoria própria (2018).

A análise das hipóteses para a questão “b” que tratava da influência da massa na distância de frenagem destaca um ponto bem interessante. Basicamente a grande maioria dos grupos fez uma hipótese errada sobre a questão proposta, pois intuitivamente eles pensavam que a massa influenciaria nesta distância. Ao ver a demonstração eles percebiam a discrepância entre as suas hipóteses e o que eles estavam observando, o que gerava um conflito cognitivo por parte dos estudantes.



O conceito de conflito cognitivo, trazido pelo psicólogo francês Jean Piaget pode gerar um desequilíbrio cognitivo que mobilizará o indivíduo na busca por novas respostas, com o propósito de solucionar a questão (PIAGET, 1987). Este tipo de atividade traz elementos que poderão mobilizar o estudante na busca pela construção do seu conhecimento, de maneira ativa e consciente. Neste momento, que acontecia na discussão final em conjunto, os alunos tinham a oportunidade de rever seu argumento e repensar sobre a hipótese inicial. Isso permitia então mais discussão sobre o tema em questão, que neste caso era a influência da massa na distância total de frenagem. Esta dinâmica de discussão também foi observada nas respostas das outras questões. Além destes aspectos a participação quase que total dos grupos de alunos e o engajamento na atividade proposta também são pontos positivos que devem ser destacados no uso da simulação como estratégia complementar a resolução de problemas.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos exemplos mostrados aqui e também da descrição desta breve intervenção didática, foi mostrado ao leitor o potencial pedagógico do uso de simulações a partir de algumas situações físicas descritas por questões de exames vestibulares, de modo a buscar a ampliação da aprendizagem e um melhor uso das atividades de resolução de problemas. Como sabemos, a abordagem tradicional utilizada pela maioria de nós professores nem sempre consegue atingir um ensino efetivo dos princípios da física e também do desenvolvimento das habilidades que se espera alcançar com o ensino desta ciência, tais como a interpretação, leitura gráfica, a formulação de hipóteses e argumentação, o desenvolvimento do pensamento analítico entre outros.

É preciso destacar também que para se alcançar estes objetivos, é necessário que o professor proponha atividades através de metodologias que estejam de fato alinhadas a estes princípios, como por exemplo a estratégia do ensino por investigação que foi exemplificado no texto. As atividades devem ser feitas a partir da proposição de questões e tarefas problematizadoras que de fato envolvam os alunos no trabalho coletivo e individual em torno do desenvolvimento destas e de outras habilidades.

Um outro ponto que precisa ser destacado é que a implementação de estratégias deste tipo exige um tempo maior de planejamento por parte do professor e também que ele não esteja “preso” a rigidez do currículo entendendo que em alguns momentos ele terá que optar na escolha de se aprofundar em alguns tópicos e minimizar outros, porém sabemos que essa não é tarefa fácil no contexto educacional que vivemos.

Faz-se necessário que o uso das ferramentas tecnológicas em sala de aula rompa o seu uso comum, geralmente utilizado como meio comunicação e de busca de informação, e passe a ser utilizada a partir de concepções metodologias pedagógicas que levem em consideração os princípios de aprendizagem já estabelecidos mostrados na pesquisa em ensino.



# Expanding the activities of solving problems of mechanics at medium level from the construction of computational simulations with the software Modellus

## ABSTRACT

In this article we propose an approach that seeks to complement and broaden the activities of solving problems in physics in the high school through the construction, exploration and use of computational simulations of physical situations, based on problems extracted from entrance exams of several Institutions of the Country. The simulations were constructed using Modellus software. This program is free software that allows the modeling and animation of physical situations from the writing of their mathematical equations. We then show the construction of a set of four simulations that approach some contents of the area of mechanics. Together with the simulations questions are proposed to assist in the analysis and exploration of the situations described in the problems and in the simulations. We also describe a brief didactic intervention in a high school class using one of the simulations described from the didactic approach known as Investigative Demonstration.

**KEYWORDS:** Problem solving. Computational simulation. Mechanics.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio a interpretação de gráficos da cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2002.

BELLUCO, A.; CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis v. 31, n. 1, p. 30-59, abr. 2014.

BRANDAO, R.V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, 2008.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: FEUSP, 1999.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. cap. 18, p. 253-266.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A.; NASCIMENTO, T. B. Resolução de problemas no ensino de física baseado numa abordagem significativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru. **ATAS...** Bauru: [s. n.], 2003.

GIL PÉREZ, D.; TORREGROSA, J. M. **La Resolución de Problemas de Física: Una Didáctica Alternativa**. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia; Vicensvives, 1987.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

TOULMIM, S. E. **Os usos do argumento**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

**Recebido:** 19 junho 2018.

**Aprovado:** 10 outubro 2019.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v3n2.8448>.

**Como citar:**

ANDRADE, M. E. Ampliando as atividades resolução de problemas de mecânica em nível médio a partir da construção de simulações computacionais com o software Modellus. **Ens. Tecnol. R.**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 160-178, jul./dez. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/8448>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Marcelo Esteves de Andrade

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Núcleo de Estruturação do Ensino de Física (NEEF), Rodovia Governador José Sette, 184, Itacibá, Cariacica, Espírito Santo, Brasil.

**Direito autoral:**

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

