



O ENSINO E APRENDIZAGEM DE OSCILAÇÕES POR MEIO DO SOFTWARE MODELLUS

EDMILSON SOUSA FIHO

Manaus-AM

2020

EDMILSON SOUSA FILHO

**O ENSINO E APRENDIZAGEM DE OSCILAÇÕES POR MEIO DO
SOFTWARE MODELLUS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr Márcio Gomes da Silva

Manaus - AM

2020

EDMILSON SOUSA FILHO

O ENSINO DE OSCILAÇÕES POR MEIO DO SOFTWARE MODELLUS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

DATA DE APROVAÇÃO: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Gomes da Silva
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. José Ricardo de Sousa
(MEMBRO INTERNO)

Prof. Dr. Petrucio Barrozo da Silva
(MEMBRO EXTERNO)

AGRADECIMENTOS

A minha Família, que tanto me apoiou em todos os momentos, meu pai Luis Farias, minha mãe Consuelo Farias e minha irmã Anabela Farias, juntamente com minha noiva Débora, por toda ajuda e paciência neste período.

Aos docentes do MNPEF-Polo 4, em especial meu orientador Prof. Dr Márcio Gomes por toda contribuição e muita paciência e também ao Coordenador do Mestrado Prof. Dr Minos Adão Neto nas atividades administrativas do mestrado e também do nível acadêmico.

Aos meus amigos do mestrado da turma 2017, Camilo, Luana, Ronildo, Wilson, Tatiane e Fredson, passamos todos os momentos juntos, apoiando um ao outro, nunca esqueceremos destes momentos.

Agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa de mestrado durante toda realização deste projeto, juntamente à Sociedade Brasileira de Física (SBF) assim como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O presente trabalho, utilizou das simulações computacionais que foram criadas por meio do software *Modellus* para fazer uma Transposição Didática do assunto de oscilações e trazer para uma realidade prática do aluno. Pensando também no aperfeiçoamento do professor, elaboramos um manual para ajudar o próprio docente a criar suas próprias simulações no futuro. Nas avaliações teóricas e computacionais, usamos a taxonomia solo para categorizar as respostas dos alunos, obtivemos uma melhora no desempenho dos alunos com relação ao conteúdo ensinado e também um grande apoio para continuar o uso das simulações para o ensino.

Palavras Chaves: Simulação Computacional, Transposição Didática, Modellus, Taxonomia Solo e Oscilações

ABSTRACT

The present work used the computer simulations that were created using the Modellus software to make a Didactic Transposition of the subject of oscillations and bring it to a practical reality of the student. Also thinking about teacher improvement, we developed a manual to help the teacher himself to create his own simulations in the future. In theoretical and computational assessments, we used the solo taxonomy to categorize students responses, we obtained an improvement in student performance in relation to the content taught and also great support to continue the use of simulations for teaching.

Keywords: Computer Simulation, Didactic Transposition, Modellus, Solo Taxonomy and Oscillations

Lista de Figuras

Figura 1: Etapas da transposição didática. [Elaborado por Boligian (2003)]	12
Figura 2: Transposição didática e seus saberes.	14
Figura 3: Software Modellus.	21
Figura 4: Simulação de um Movimento Harmônico Amortecido elaborado no Modellus.....	22
Figura 5: Simulação do Movimento Harmônico Simples no Modellus.	22
Figura 6 Um oscilador harmônico simples amortecido ideal. Uma palheta imersa em um líquido exerce força no amortecimento sobre o bloco, enquanto este oscila paralelamente ao eixo x. Fonte: Halliday (2011).....	27
Figura 7: Movimento do oscilador amortecido para três casos de amortecimento. A linha verde da figura representa o caso do sobre-amortecimento, a linha vermelha o amortecimento crítico e a linha azul representando o sub-amortecimento	28
Figura 8: Gráfico de um movimento sub-amortecido.....	29
Figura 9: Gráfico de um movimento criticamente amortecido.	30
Figura 10: Gráfico de um movimento sobre-amortecido.	31
Figura 11: Gráfico da amplitude A da oscilação forçada em função da frequência angular da força propulsora. (Fonte: Young e Freedman, 2015)	33
Figura 12: Docente fazendo uma aula expositiva dialogada sobre o pêndulo simples.....	37
Figura 13: Estrutura do laboratório de informática.....	38
Figura 14: Simulação que ilustra o encontro de dois carros, que foi usada na aula inicial.	40
Figura 15: Turma A no laboratório de informática.	41
Figura 16: Turma C durante a aula.	42
Figura 17: Dupla no dia da avaliação.	43
Figura 18: Avaliação Computacional.	44
Figura 19: Resposta da avaliação teórica da dupla A da classe C	45
Figura 20: Resposta da Avaliação teórica da dupla A da classe A.....	46
Figura 21: Descrição da situação problema que foi auxiliada pela simulação.	47
Figura 22: Resposta da avaliação da computacional da dupla B da classe B.	47
Figura 23: Opinião da dupla C da classe C.	49
Figura 24: Oscilador Harmônico Amortecido	55

Lista de Tabelas

Tabela 1: Fonte: MOL (2020) adaptado.....	20
Tabela 2: Trabalhos feitos usando o Modellus. Fonte: do Autor (2020).....	23
Tabela 3: Correção avaliativa teórica, usando a taxonomia solo.....	46
Tabela 4: Correção avaliativa computacional, usando a taxonomia solo	48
Tabela 5: Opinião dos alunos e respostas mais presentes no questionário separados por perguntas.....	49

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	Transposição Didática (TD).....	12
2.1	Diferentes Saberes	13
2.2	Manutenção dos Saberes	15
2.3	Um panorama de Pesquisas sobre a Transposição Didática (TD)	16
2.4	Oscilações como Saber Ensinar	18
2.5	Verificando Evidências de Aprendizagem no Ensino de Física	19
3	Modellus	21
4	Oscilações.....	25
4.1	Oscilador Harmônico Simples -OHS.....	25
4.2	Oscilações Amortecidas.....	27
4.3	Movimento Subamortecimento	29
4.4	Movimento criticamente amortecido	30
4.5	Movimento sobreamortecido	31
4.6	Oscilações Forçadas e Ressonância	32
5	Metodologia.....	34
5.1	Apreciando o Conhecimento Prévio do Aluno.....	35
5.2	Aula Expositiva Dialogada.....	35
5.3	A codificação do Software <i>Modellus</i>	35
5.4	Verificação do Saber Pensar Científico	35
6	Aplicação em sala de aula	36
6.1	Etapa 1.....	36
6.2	Etapa 2.....	36
6.3	Etapa 3.....	39
6.4	Etapa 4.....	43
7	Resultados e Discussões	45
8	Conclusão	51
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICES	55

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um relato de experiência no ensino de física, desenvolvido em uma escola na cidade de Manaus, Amazonas. O contexto na qual foi realizado o presente trabalho foi em três turmas do segundo ano do ensino médio, composta em média por trinta e sete alunos. Foi investigada uma implementação do uso de simulações computacionais por meio do software educacional *Modellus* no ensino de oscilações, especificamente no estudo do Oscilador Harmônico, utilizando como apoio no processo de metodológico, além do próprio software, a teoria da transposição didática e o uso da taxonomia solo para uma categorização do desenvolvimento da capacidade dos alunos.

O ensino de física apresenta-se com um grande desafio à prática docente (MOREIRA, 2017), como a falta de base de alguns conteúdos matemáticos no aprendizado de física, porém, um dos aspectos mais marcantes, dentre os vários possíveis, é o abismo existente entre a ciência física como consta nos livros didáticos e ensinada nas escolas, e aquilo que de fato, o aluno leva para vida sobre a física que lhes foi ensinada, esta diferença que existe entre a física encontrada nos livros didáticos e a do nosso cotidiano, foi uma motivação, que nos fez querer diminuir ela, utilizando a tecnologia em sala de aula.

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TICs) se tornou presente nas salas de aula e instituições de ensino (MEDEIROS, 2002), um destes usos no ensino, é o da simulação computacional, no presente trabalho optamos pelo software *modellus*, um dos critérios que usamos para sua escolha, é a não exigência de um conhecimento prévio de alguma linguagem de programação específica e por ser um software livre (VEIT E TEODORO, 2002). O propósito do *modellus* aqui é ser um agente facilitador da aprendizagem, que neste caso é conteúdo de oscilações.

O conteúdo de oscilações que se encontra no livro didático, muitas vezes é bem diferente do que se encontra no cotidiano, desprezando seu começo ou limitando-se a alguns exemplos específicos, como o pêndulo simples, e também não levando em conta geralmente suas aplicações na área tecnologia ou da engenharia. No capítulo dois é discutido sobre a Teoria da Transposição Didática (TD), e como é aplicada no ensino de maneira geral, inclusive no conteúdo de oscilações, explicando por meio dela, esta diferença que existe entre o que é ensinado em sala de aula com o que é visto no cotidiano do aluno. Apresentamos alguns trabalhos na área do ensino de física (BROCKINGTON E PIETROCOLA 2005; MELO, 2010) e outras áreas que comentam também esta transposição e como ela é feita para se chegar em sala de aula.

No capítulo três, fazemos uma descrição sobre o software *modellus* e as vantagens da sua utilização no ensino, o software neste caso vai ser nosso facilitador em nossa metodologia que vai ser aplicada em sala de aula. Fizemos também assim como na TD, um levantamento de trabalhos e pesquisas que foram aplicadas no ensino de maneira geral e de física inclusive. (AMORIM, 2018; TORRESAN, 2008)

No capítulo quatro, fazemos uma descrição qualitativa e quantitativa do assunto de oscilações, assim como suas aplicações. A descrição quantitativa foi feita a rigor de um nível universitário, porém, o assunto em si foi aplicado em sala de aula, é claro com as devidas ressalvas matemáticas.

No capítulo cinco, explicamos como seria feita nossa metodologia que seria aplicada em sala, dividimos elas em quatro etapas, conectadas entre si, e esclarecendo nossos objetivos em cada uma delas. No capítulo seis, que foi a aplicação da metodologia em sala, cada etapa teve um número de aulas diferentes, que é devidamente explicado, mostrando o desenvolvimento da metodologia em sala de aula, expondo assim de forma detalhista.

No capítulo sete e oito, e feito as discussões dos resultados que obtemos como referencial metodológico a taxinomia SOLO (PINA, 2005), com intuito de determinar o nível de entendimento do aluno sobre o tema, depois do desenvolvimento do trabalho, a fim de saber se a proposta foi ou não eficiente, assim como foi aplicado um questionário de opinião sobre o software *modellus*, para sabermos se o aluno achou também eficiente seu uso em nossa metodologia, tendo a oportunidade de comentar a sua vantagem ou desvantagem. Chegando assim à conclusão que o autor avaliou, apresentando o seu nível de satisfação no que diz respeito ao trabalho desenvolvido.

2 Transposição Didática (TD)

O movimento de transformação do saber pelo cientista para torná-lo compreensível e acessível para o ensino em sala de aula e fazer com que seja posta em prática pelos professores nas escolas e universidades, é, talvez uma das práticas mais recorrentes no processo de ensino: a chamada Transposição Didática (TD).

Do conceito de TD vemos claramente que existe uma certa distância entre os diferentes saberes, contudo, isto não deve ser pensado que existe uma tentativa de desonrar o saber escolar – o que deve ser levado em consideração são as especificidades epistemológicas do saber escolar, que já transformou-se bastante ao longo do processo de transposição de maneira que, o contrato didático entre professor e aluno é que ditam as regras do jogo e não mais, somente, o paradigma vigente que baliza e valida o conhecimento acadêmico.

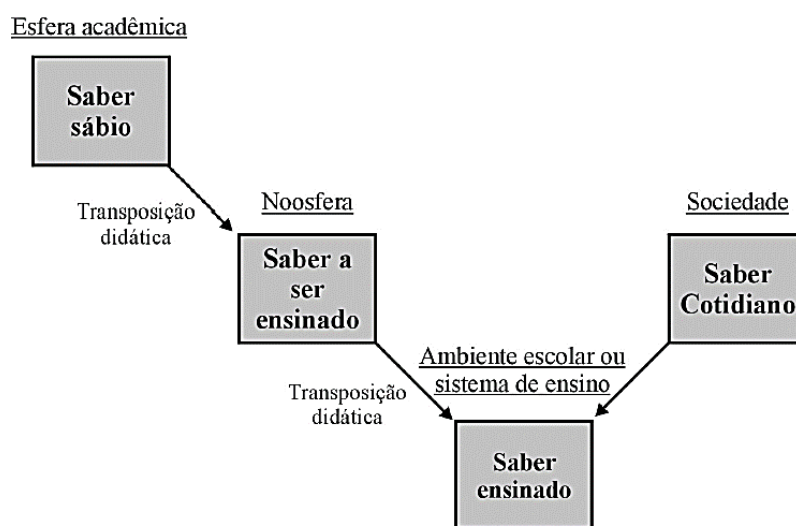


Figura 1: Etapas da transposição didática. [Elaborado por Boligian (2003)]

A TD foi desenvolvida inicialmente na França pelo sociólogo Michel Verret, em 1975, e alguns anos depois pelo matemático Yves Chevallard, em 1980, quando inseriu-a num contexto mais específico e transformou-se numa teoria: a didática da matemática. Chevallard (1991) utilizou a TD para analisar as transformações sofridas pelo conceito de distância desde sua origem na matemática pura, em 1906, por Fréchet, até sua inserção, em 1971, nos programas de ensino de geometria das sétimas séries (ASTOLFI, 2006). Existe toda uma anatomia para descrever o processo de transposição de um saber de referência até chegar nas salas de aula. É isto que veremos em seguida.

2.1 Diferentes Saberes

De acordo com o Chevallard (2005), a TD identifica três momentos distintos que devem ser levados em consideração, são eles:

O saber sábio - é aquele produzido pelo cientista ou pesquisador e pelos centros de pesquisa, este conhecimento é aquele que o professor se depara quando ler as revistas científicas especializadas.

O saber ensinar- são transformações impostas sobre o saber sábio para que ele possa ser ensinado e faça parte dos currículos escolares, em qualquer nível. Esta transformação é feita por uma entidade invisível denotada por chevallard de *noosfera*. Tal instituição é formada por pesquisadores, técnicos, professores, especialistas, enfim, por aqueles que ligados a outras Instituições: Universidades, Ministérios de Educação, Redes de Ensino; que irão definir que saberes devem ser ensinados e com que roupagem eles devem chegar à sala de aula. No Brasil, o resultado do trabalho da Noosfera aparece nos Referenciais Curriculares (MEC, 1997, 2006) e pela Base Comum Nacional Curricular (BNCC, 2017), nos documentos que trazem as diretrizes curriculares e orientam o ensino de uma determinada disciplina científica.

Este tipo de modificação do conhecimento é chamado de Transposição Didática Externa (TDE). Expondo de outra forma; o saber ensinar é aquela que chega ao público através dos livros didáticos e pelos almanaques de ciências, por exemplo.

O saber ensinado - este saber consiste na apresentação do conhecimento em sala de aula após todas as modificações sofridas desde sua origem. Estas modificações dependem sobremaneira, da ação do professor, quando por exemplo, ele prepara seu plano de ensino, produz seus textos e suas notas de aula ou está ministrando suas aulas, destacamos a influência dos professores nessa esfera do saber, isso porque, a ênfase em determinados assuntos, assim como a maneira que é abordado, exercícios e a avaliação passam necessariamente pela decisão do docente e está depende, dentre outras coisas, da sua formação e de seu entendimento a respeito da ciência de referência, dos conteúdos de ensino e do aluno

Existem diferenças entre o que professor prepara como material didático de sua aula e o que foi produzido pelo cientista, ou seja – a ciência da sala de aula é diferente da ciência do cientista. Dos processos transformadores que ocorreram o primeiro transformou o saber sábio em saber a ensinar. Este primeiro processo corresponderia a Transposição Didática externa, regida pelos grupos que compõe esta noosfera. No que concerne ao ensino em sala de aula ocorre novamente o fenômeno da Transposição Didática, só que neste espaço envolve a transfiguração do saber a ensinar em “saber ensinado” (ALVES FILHO, 2000, p.229).

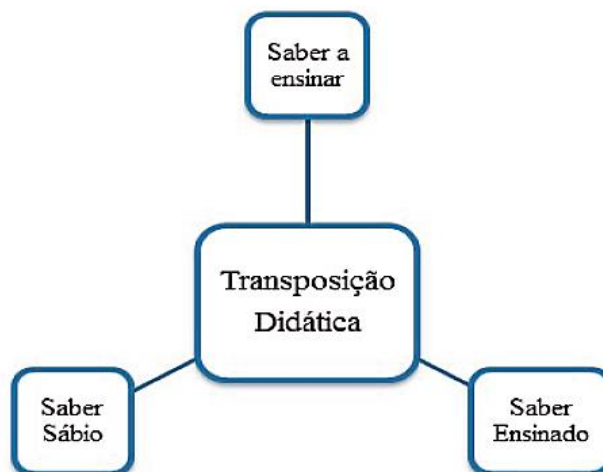


Figura 2: Transposição didática e seus saberes.

Nesta situação temos a *Transposição Didática Interna (TDI)*, é nesta esfera interna que o saber atinge um novo estágio, sendo este mais próximo do aluno, relacionado com a maneira pela qual é transformado em objeto a ser ensinado. E é um dever que cabe ao professor, que adaptado ao contexto escolar, impõe de certa forma a sua organização e decide, juntamente com a escola, a melhor forma pela qual o saber a ensinar possa ser de fato ensinado aos alunos.

O professor no processo de transposição didática interna tem a função de mediador, entre saber a ser ensinado e o aluno. É importante destacar que é no nível *de saber a ser ensinado* que ocorre o processo de seleção de saberes, ou seja, é decidido pela noosfera quais conteúdos que deverão ser ensinados, bem como quais livros serão utilizados durante o período letivo (Boton, 2014).

Entretanto o saber ensinado possui uma vulnerabilidade, intimamente ligado a comunidade escolar, dos pais e das instituições de educação

O saber ensinado é de extrema instabilidade, pois o ambiente escolar, com os alunos e seus pais, gestores ou responsáveis pelas instituições de ensino e o meio social em que a instituição está inserida, exercem uma “cobrança” sobre o corpo docente, que acabam interferindo em suas ações desde o momento em que prepara a aula até lecionar e fato. (SILVA, 2013 , p.23)

Nas transformações sofridas pelo saber na noosfera ainda devemos levar em consideração alguns outros elementos de análise da TD responsáveis pela textualização do saber, tais como: a *desincretização*, *descontextualização*, *despersonalização*, *programabilidade* e a *publicidade*.

Entenda-se por *desincretização* como a fragmentação, escolha e a delimitação de saberes parciais.

A *descontextualização* desvincula o saber de qualquer contexto original (histórico) para que ele possa ser generalizado no futuro.

Despersonalização retira, do saber, as influências pessoais de quem os produziu, isto permite com que o saber seja *recontextualizado* para um ambiente escolar.

A *programabilidade* tece sequências lógicas progressivas para o saber ensinar através de um material com começo, meio e fim, isto busca otimizar o processo de aprendizagem.

E, finalmente, a *publicidade* é uma forma de controle social da aprendizagem, pois ela evidencia as finalidades e os objetivos da TD realizada aponta (delimita) o que deverá ser ensinado.

Os cinco elementos destacados acima fazem com que a TD seja mal interpretada como uma mera simplificação do conhecimento, a fim de adequá-lo à realidade da sala de aula como podemos ver em (Alves

Filho,200). Notamos que elementos geram conflitos inevitáveis restando aos autores pertencentes as diferentes esferas sociais da noosfera negociarem seus próprios interesses e pontos de vistas.

2.2 Manutenção dos Saberes

Não é suficiente apenas o processo em si, o saber sábio precisa se manter como saber ensinar, por isto mesmo que Chevallard apresentou os indícios e características que o saber deve ter para que ele permaneça na esfera do saber. Desta forma como podemos ver em o saber transposto deve ser:

(i) *consensual* – pois não se pode ter dúvidas quanto a sua validade científica, mesmo que momentânea. O professor não pode ter dúvidas se o que ele está ensinando é verdade e, por outro lado, o estudante não pode se questionar, se o que ele está aprendendo é correto ou não;

(ii) ele deve buscar *atualização moral e biológica* – moral no sentido de que o saber não se torne obsoleto e possa ser ensinado pelos pais. A atualização biológica vem da necessidade de que o saber deve estar de acordo com sua área de conhecimento e de acordo com a ciência vigente, deixando os conceitos superados para serem ensinados através de uma perspectiva história;

(iii) o saber deve ser *operacional* – para que, a partir dele sejam geradas sequências com atividades, exercícios, tarefas ou algum outro mecanismo que possamos fazer avaliações; e o saber sábio deve possibilitar

(iv) *criatividade didática* – isto implica na criação de atividades de uso exclusivo das escolas e em criações de existência apenas em sala de aula e, finalmente (v) o saber deve ser *terapêutico* – ele deve se adaptar ao sistema didático, pois só permanecerá na escola aquele saber que já se verificou sua adaptação ao ambiente escolar.

Para transformar o saber sábio em saber ensinar Astolfi (1997) expõe as cinco regras que descrevem este processo de transformação que também podem ser vistas em (ALVES FILHO, 2000)

Estas regras são:

(a) *Regra I – modernizar o saber escolar*: A ciência vem se desenvolvendo muito rapidamente nos últimos anos e, e geral, sofremos intervenção de seus avanços na forma de novos dispositivos eletroeletrônicos. Desta forma, o currículo escolar, em todos os níveis, deve acompanhar todo esse desenvolvimento contemplando conteúdos mais modernos e contemporâneos e, mesmo aqueles conteúdos que não têm uma aplicação prática imediata, deve ser levado em consideração, pois ele pode contribuir para uma nova e mais adequada visão do mundo contemporâneo possibilitando ao docente trabalhar junto ao alunado o fazer científico.

(b) *Regra II – atualizar o saber escolar*: O saber deve ser atualizado, do contrário, ele apenas envelhece e se afasta do núcleo de pesquisa do saber sábio. Nesta situação o saber ensinado hoje, é em essência, aquilo que foi ensinado aos nossos pais. Isto banaliza o saber escolar no sentido de que o professor estaria ensinado algo que já está diluído na cultura cotidiana desarticulando o verdadeiro valor e o papel da escola e do professor, já que os próprios pais poderiam ensinar estes saberes.

(c) *Regra III – articular o saber novo com o antigo*: Deve-se ensinar o novo articulando-se ao antigo, não o refutando ou negando-o, pois isto pode fazer com que o estudante pense que o saber é algo instável e que

logo será superado e posto de lado. O que precisa ficar claro é que existem saberes que necessitam de pouca manutenção para se adequar ao novo e atual.

(d) Regra IV – transformar um saber em exercícios e problemas: Aquele saber sábio que trazer maiores possibilidades de exercícios e problemas será mais bem aceito pelo sistema didático. Isto porque exercícios e avaliações fazem parte do processo de avaliação. Estes terão vantagens no processo de TD.

(e) Regra V – transformar um conceito mais compreensível: Notadamente existe uma distância entre o saber sábio e o saber escolar, assim ao transformá-lo um no outro ocorrem muitas perdas, pois o professor muda a linguagem (que é muito técnica), utiliza analogias (apelando para alguma fenomenologia vivencial), retira o saber do contexto histórico.

Tudo isso para que se criem condições para generalização do saber ensinar. Isto ocorre, pois, o TD deve permitir que o professor consiga administrá-lo a seu favor na busca de tornar os novos conceitos acessíveis aos seus alunos.

2.3 Um panorama de Pesquisas sobre a Transposição Didática (TD)

Podem ser encontradas pesquisas sobre a transposição didática (TD) na área do ensino de física no Brasil, contribuindo assim no crescimento de forma significativa para ampliação do conhecimento na área da pesquisa em ensino.

O estudo de Da Silva, E. S., e Nunes (2019) *“As características praxeológicas dos professores de física no processo de transposição didática do tema aquecimento global”* é parte de uma pesquisa de mestrado que se tem como envolvimento a transposição didática interna sobre o tema do aquecimento global nas aulas de física, seu objetivo ,é analisar e identificar nas praxeológicas dos professores de física os modelos epistemológicos que estes adotam para transformar o conteúdo do conhecimento em objeto de ensino.

Melo (2010) na dissertação intitulada, *“A transposição Didática do Modelo de Huygens: uma proposta para a física escolar”*, baseia-se num estudo de caso sobre a história que tem como intenção analisar, a história da ciência, no contexto histórico referente ao modelo ondulatório de Huygens, como um exemplo de conceitualização científica.

O estudo de Brockington e Pietrocola (2005) *“Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?”*, o trabalho apresentado é parte de uma pesquisa que tem como objetivo, fazer uma proposta de atualização curricular, concernente, aos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Analisando seus requisitos necessários baseado na teoria da transposição didática.

Teixeira e Krapas (2005), no artigo intitulado *“Reflexões sobre a Transposição didática Da lei de coulomb”* tem como objetivo identificar possíveis nuances de dogmatização na apresentação da lei de

Coulomb pelos mais expressivos livros didáticos brasileiros do Ensino Médio. Montando primeiramente uma narrativa sobre a história das investigações desenvolvidas por Coulomb.

Assim como podem ser encontrados pesquisas nas áreas de Química, Biologia e Matemática, iremos mostrar apenas uma relacionada a biologia.

No estudo de Silva (2008), *“Mudanças e simplificações do saber científico ao saber a ensinar: uma análise da transposição didática do ciclo de nitrogênio”* analisa as concepções apresentadas pelos livros didáticos do ensino médio em relação ao ciclo do nitrogênio do meio ambiente, além de verificar as mudanças e simplificações do saber científico, desde a sua produção até ser introduzido nos programas curriculares.

2.4 Oscilações como Saber Ensinar

Fizemos uma análise para verificar se o tema proposto satisfaz as regras impostas pela TD a fim de que ele seja objeto do saber a ensinar.

Pela inspeção da literatura especializada vemos facilmente que o tema de oscilações personificado sobre oscilador harmônico simples, consiste num saber consensual, pois a comunidade científica reconhece que a teoria do oscilações de uma maneira geral descreve uma vasta gama de sistemas físicos e suas aplicações. (DIRCEU, 2013; TAYLOR, 2013)

O tema traz consigo as atualizações moral e biológica do saber que já propõe uma nova visão do mundo, bem diferente daquela visão proposta nos livros didáticos de Física Básica. Assim, quando trabalharmos numa proposta que procura viabilizar a inserção do tema estaremos promovendo a atualização escolar do saber que está em consonância com as exigências das regras I e II.

Em atenção a regra III podemos articular o saber antigo com o atual quando discutimos e mostramos as evoluções do estudo de um oscilador harmônico real que envolve atrito e suas aplicações, em comparação com o oscilador harmônico ideal ou simples que é ensinado na sala de aula. (RAMALHO,2009; NUSSENVEIGH,2013)

Em adição, o tema proposto, podemos transformar este saber em exercícios e problemas atendendo assim o que está posto na regra IV tornando assim operacional. Ao envolver a simulação computacional, podemos propor ao aluno como exercício que mude os parâmetros com ou sem atrito em um oscilador harmônico, podendo assim observar alguma mudança no sistema físico estudado.

Em nosso entendimento a regra V é a mais desafiadora. Na hora apresentar situações novas, que antes havia uma desconsideração do atrito, agora não podendo mais haver esta desconsideração, os professores adotam várias estratégias: uso de metáforas e/ou analogias, experiências em sala de aula utilizando materiais de baixo custo, experiências em laboratórios, análise de textos, filmes, músicas, utilização de espaços não formais, etc. Neste trabalho usamos a simulação computacional como ferramenta de auxílio para realizar esta árdua tarefa de quebrar a abstração conceitual inerente ao tema proposto. (MEDEIROS,2002)

Em resumo vemos que a tema de oscilações atende todas as exigências feitas pelas regras da TD sejam aquelas apontadas por Chevallard ou por Astolfi.

2.5 Verificando Evidências de Aprendizagem no Ensino de Física

Uma das dificuldades em qualquer processo de ensino e aprendizagem é a avaliação para verificar se o aluno adquiriu ou não um aprendizado. Para o ensino das Ciências Naturais e, em particular, para o ensino da física, os resultados são extremamente precários da qualidade da aprendizagem nessa área por grande parte dos alunos da escola básica.

Segundo Foures (2003), existe uma “*verdadeira crise no ensino de Ciências*”, na qual vários fatores estão associados às suas proposições curriculares mais frequentes, entre eles, a questão da avaliação.

O processo de avaliação, por seu caráter particularmente propulsor de modificações, ocupa uma posição central na busca por mudanças, devido ao seu grande poder de orientar ações futuras em vários níveis das instituições educativas.

A importância crucial dos processos de avaliação é também revelada fortemente nas provas para ingresso nas universidades e nos sistemas padronizados nas provas par ingresso nas universidades e nos sistemas padronizados de avaliação utilizados atualmente, como o Enem, o Pisa e outros. Esses tem gerados fortes mecanismos de controle e necessidade de profundas modificações nas práticas de ensino veiculadas nas escolas, com inegáveis consequências para os alunos e para a sociedade.

Existem pesquisas e trabalhos que comentam os mais diversos tipos de verificação de aprendizagem, cada um com sua especificidade e características que contribuem na verificação do aprendizado. Neste trabalho utilizaremos o uso *da taxonomia solo*.

Solo classifica os resultados em termos de sua complexidade, de modo que um julgamento possa ser feito sobre a qualidade das respostas dos alunos às tarefas de avaliação.

A taxonomia solo, é um acrônimo de *Structure of the Observed Learning Outcomes*, cuja tradução para o português é Estrutura dos Produtos de Aprendizagem Observados (CEIA, 2002), é um modelo hierárquico idealizado por Biggs e Collis, no qual é possível “categorizar as respostas do aluno a um conjunto de tarefas pré-estabelecidas, de acordo com a complexidade estrutural e o número de conceitos exigidos nas mesmas.

A taxonomia solo classifica a compreensão em cinco níveis (PINA, 2005, p. 81):

- Pré- estrutural: a este nível o aluno descreve uma resposta invasiva, sem aspectos importantes ligados ao conteúdo ensinado.
- Uniestrutural: a resposta do aluno é baseada em evidências que se encontra na questão enunciada que se está estudando.
- Multiestrutural: o aluno apresenta uma resposta com múltiplos pontos não relacionados.
- Relacional: o aluno apresenta uma análise de informações do problema proposto, apresentadas em uma resposta logicamente relacionada.
- Resumo estendido: o aluno demonstra um entendimento abstrato e profundo através de extensão inesperada, generalizada a outros contextos da ciência.

O aspecto quantitativo é visto nos níveis pré- estrutural, uniestrutural e multiestrutural, enquanto os níveis, relacional e resumo estendido as aspecto qualitativo.

Níveis Solo	Capacidade	Relacionamento de Operações
Resumo estendido	Capacidade Máxima de encontrar dados relevantes + estabelecer interrelações+ formular hipóteses	Dedução e indução. Consegue fazer generalizações para situações não experienciadas.
Relacional	Capacidade alta de encontrar dados relevantes + estabelecer interrelações.	Indução. Consegue generalizar, dentro de contextos dados ou experienciados, utilizando aspectos relacionados.
Multiestrutural	Capacidade média de encontrar informações + dados relevantes isolados.	Consegue “generalizar” apenas em termos de poucos aspectos limitados e independentes.
Uniestrutural	Capacidade baixa de encontrar informações + um dado relevante.	Consegue “generalizar” apenas em termos de um aspecto.
Pré - Estrutural	Capacidade mínima de encontrar informações e a resposta é confusa.	Negação, tautologia, transdução. Ligado a especificidades.

Tabela 1: Fonte: MOL (2020) adaptado.

Esses níveis de entendimento foram utilizados por autores em pesquisas educacionais, Mol(2020) faz um levantamento importante sobre isto, pode ser encontrado também trabalhos inclusive no ensino de física (DOS SANTOS 2017, AMANTES,2005 E BORGES e AMANTES, 2003); mostrando assim a relevância da taxonomia Solo e a possibilidade de sua aplicabilidade em diversas disciplinas, inclusive nas ciências.

3 Modellus

O software *modellus* que foi concebido por Vitor Duarte Teodoro com a colaboração de João Paulo Duque e Felipe Costa Clérigo – *Faculty of Sciences and Technology – Nova University Lisbon*, Lisboa-Portugal, tem com uma das funções ser uma ferramenta pedagógica cognitiva para o ensino e aprendizagem. Dentre as ferramentas de modelagem disponíveis, o *modellus* se destaca por possibilitar aos estudantes e professores realizar experimentos computacionais, utilizando conceitos de modelos matemáticos, definidos a partir de funções, derivadas, taxas de variação e equações diferenciais, escritos de forma direta. Assim, como o aluno aprendeu na sala de aula, sem a necessidade de saber algum tipo de código de programação.

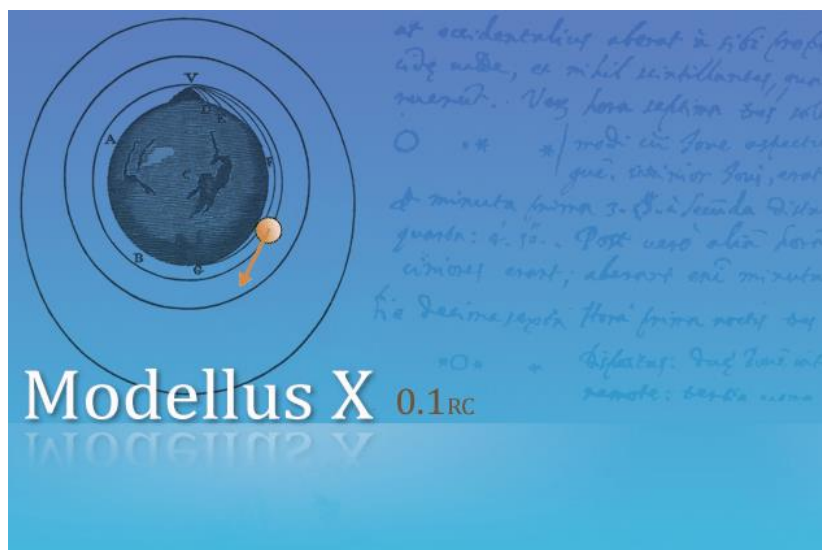


Figura 3: Software Modellus.

O seu uso cada vez mais crescente se advêm por alguns motivos expostos (VEIT E TEODORO,2002):

- É um software distribuído gratuitamente, que opera em diversas plataformas como o Windows, Linux e Mac OS e não é necessário estar conectado à internet.
- Podendo resolver inclusive equações diferenciais utilizando o método de Runge-Kutta de quarta ordem. Os valores de máximo e mínimo para o tempo, assim como o seu incremento são escolhidos arbitrariamente pelo usuário.
- Possui as janelas, tabela e gráfico, para mostrar os dados do fenômeno físico estudado, como posição, velocidade, aceleração, energia e entre outros, para até oito casos diferentes momentaneamente em que a simulação está acontecendo.
- Pode ser feito animações dos fenômenos físicos ou modelos matemáticos, por meio de representações de forças vetoriais, ilustração da trajetória da partícula na animação ou caso queira o usuário em uma imagem estroboscópica mostrando as posições sucessivas da partícula.
- Dispensa aprender uma linguagem específica de programação, bastando apenas conhecer o modelo matemático.
- Por não se limitar a mostrar um gráfico pronto apenas, assim como é encontrado nos diversos livros didáticos, ver situação ocorrer, juntamente com um gráfico ou uma tabela, podendo apresentar

as grandezas físicas que achar conveniente serem expostas, tornou-se muito utilizado por professores, inclusive, no ensino de física.

A utilização de se mostrar animações dos fenômenos que estão sendo estudados, exige prática, disposição e curiosidade por parte de docentes e discentes, porém, deve ser sempre estimulada por ser um complemento essencial muitas vezes na compreensão dos alunos.

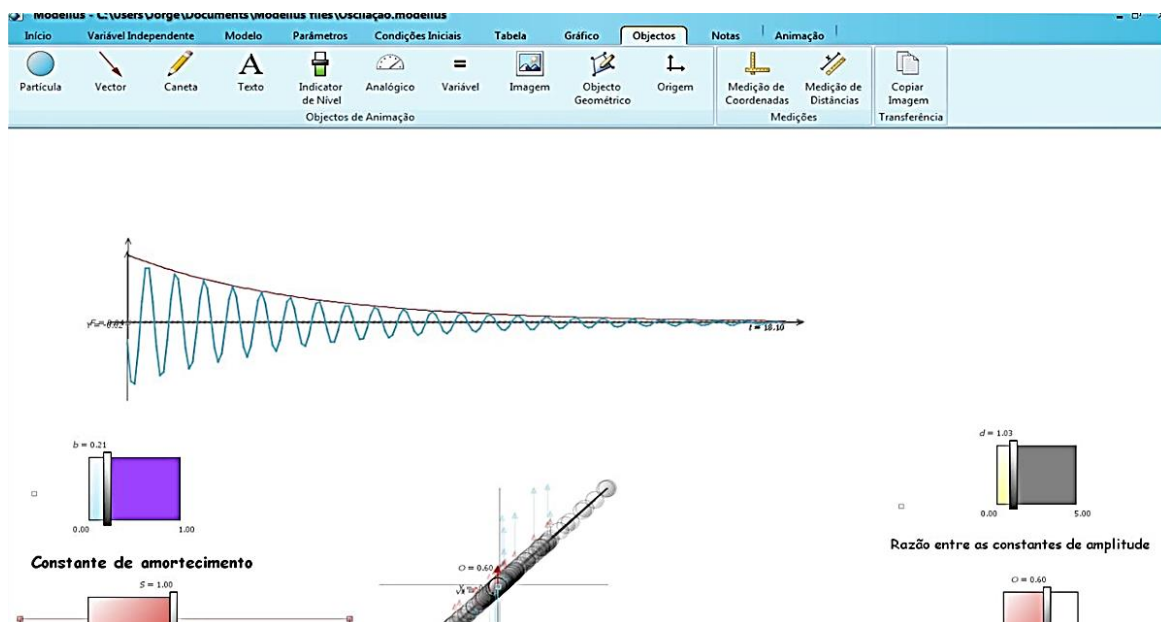


Figura 4: Simulação de um Movimento Harmônico Amortecido elaborado no Modellus.

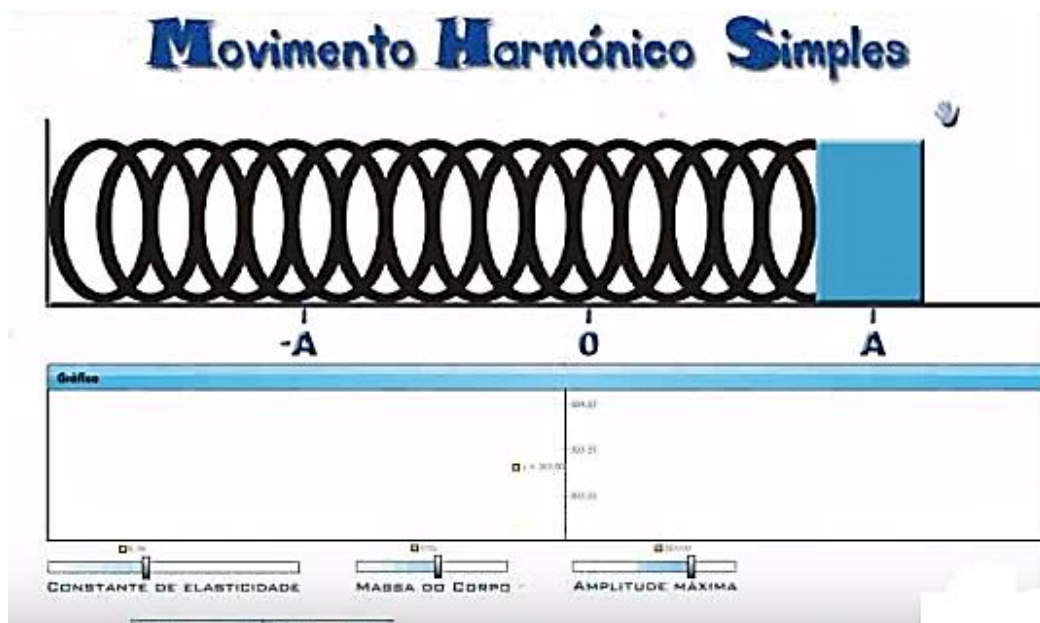


Figura 5: Simulação do Movimento Harmônico Simples no Modellus..

A utilização de modelagem computacional no ensino de física e também de matemática, é algo relevante e constante, existem uma variedade de trabalho na produção científica, iremos apenas exibir algumas na área do ensino de física e matemática.

Ano	Autor	Título	Tipo de Obra
2018	AMORIM, Edilucio Siqueira	O uso do software Modellus como ferramenta auxiliar no ensino de física: uma aplicação da cinemática	Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Acre – UFAC, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)
2013	COSTA JUNIOR, José Reginaldo Gomes da; SILVA, Aline Costa da; BRITO, Antonia Vamilis da Silva.	Software Modellus: uma ferramenta didática da modelagem Matemática no ensino/aprendizagem de Física.	Artigo publicado no XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF.
2008	TORRESAN, Daniela de Cássia Moraes.	O uso do <i>software</i> de simulação <i>Modellus</i> na conceitualização de derivada: experiências de ensino-aprendizagem com base em <i>Vergnaud</i>	Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil.

Tabela 2: Trabalhos feitos usando o Modellus. Fonte: do Autor (2020)

Nesta dissertação, Amorim (2018) tem um propósito que é de realizar um estudo relativo aos conceitos da aprendizagem significativa comparando dois métodos do ensino da física em sala de aula, quando trabalhados os tópicos contemplados na Cinemática: Movimento e repouso, trajetória, MRU, MRUV e Lançamento Oblíquo. O primeiro método utilizado foi o tradicional com aulas expositivas, tendo como suporte o livro didático, quadro e giz e, no segundo método, foi o de inserir a utilização dos recursos de informática com a utilização do computador, software educativo (*Modellus*) e projetor multimídia. Os resultados do trabalho, comprovam a eficácia da metodologia adotada (testes antes da simulação e depois da simulação).

No presente artigo dos autores Costa Jr., Silva e Brito (2013) a ferramenta computacional *Software Modellus* tem como propósito auxiliar o aluno a construir um conhecimento crítico e reflexivo, para que o mesmo possa posteriormente criar seus próprios modelos matemáticos. No entanto, para que esse processo de construção de conhecimento ocorra, é necessário por parte do professor disposição, tempo e atualizações constantes frente aos avanços tecnológicos. O trabalho evidenciou que a falta de capacitação tecnológica por parte do professor, vinculada a pouca carga horária da disciplina de Física, são elementos que dificultam o desempenho dos alunos no ensino e na aprendizagem da disciplina de Física

Nessa dissertação, Torresan (2008) faz um relato sobre uma prática pedagógica em que foi utilizada a Modelagem Computacional, por meio do *Software Modellus*. A investigação foi dirigida à compreensão de aspectos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de conhecimentos de derivada enfocando as habilidades desenvolvidas por intermédio do ambiente de Modelagem computacional. Os resultados obtidos mostraram que a representação gráfica beneficiou para que os discentes tivessem uma melhor compreensão do ensino de derivada, após a manipulação do *Software Modellus*.

4 Oscilações

Iniciaremos pela consideração do movimento oscilatório de uma partícula restrita a se mover em uma dimensão. Supondo que a posição de equilíbrio estável existe com a intenção de que a partícula e que designamos este ponto como origem. Se a partícula é deslocada a partir de sua origem (em qualquer direção), uma força tende a restaurar a partícula para a sua posição original. Exemplo disto e um átomo em uma longa cadeia molecular.

Consideramos aqui apenas os casos nos quais a força de restauração F é uma função somente do deslocamento: $F = F(x)$. Concentrando nossa atenção nos deslocamentos suficientemente pequenos da partícula, temos uma relação aproximada

$$F(x) = -kx \quad (4-0)$$

Uma vez que a força de restauração está sempre direcionada no sentido da posição de equilíbrio (origem)

Os sistemas físicos descritos nos termos da Equação 3-0 obedecem a *Lei de Hooke*. Uma das classes de processos físicos que pode ser tratada pela aplicação da Lei de Hooke é o envolvimento das deformações elásticas. Enquanto os deslocamentos são pequenos e os limites elásticos não são excedidos, uma força de restauração linear poderá ser utilizada em problemas de molas estendidas, molas elásticas, vigas flexionadas e problemas similares. No entanto, devemos ressaltar que esses cálculos são aproximados, pois todas as forças reais e de restauração na natureza são principalmente mais complexas do que a força simples da Lei de Hooke. As forças lineares constituem apenas aproximações úteis e sua validade se limita aos casos nos quais as amplitudes das oscilações são pequenas.

4.1 Oscilador Harmônico Simples -OHS

A equação de movimento do oscilador harmônico simples pode ser obtida substituindo-se a força da Lei de Hooke na equação newtoniana $F = ma$. Desse modo

$$-kx = m\ddot{x} \quad (4-1)$$

Se definirmos

$$\omega_0^2 = k/m \quad (4-2)$$

A equação 3.1 se torna

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (4-3)$$

De acordo com os resultados do Apêndice, a solução dessa equação pode ser expressa na seguinte forma

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (4-4)$$

onde A e φ são duas constantes: A é a *amplitude do movimento* harmônico simples e φ é o ângulo de fase. O ângulo de fase depende da posição e velocidade inicial da partícula.

Podemos obter o relacionamento entre a energia total do oscilador e a amplitude de seu movimento. Utilizando a Equação 3.4 para $x(t)$, encontramos para a energia cinética

$$E_c = \frac{m\dot{x}^2}{2} = \frac{k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)}{2}$$

A energia potencial do oscilador

$$U = \frac{kx^2}{2} = \frac{k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)}{2}$$

combinando as expressões para U e E_c para determinar a energia total E , temos

$$E = E_c + U = \frac{k A^2 [\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)]}{2}$$

$$E = E_c + U = \frac{k A^2}{2} \quad (4-5)$$

de modo que a energia total é proporcional ao quadrado da amplitude. Observando também que E é independente do tempo, ou seja, a energia é conservada (conservação de energia garantida, por termos um sistema sem perdas por atrito ou outras forças externas).

4.2 Oscilações Amortecidas

No movimento oscilatório consideramos o caso ideal do Oscilador Harmônico Simples (OHS): a ausência total de efeito dissipativo. Como resultado desta hipótese vimos que no movimento OHS existe conservação de energia. Nos movimentos oscilatórios reais sempre existe dissipação de energia, que é tanto mais elevada quanto maior for a resistência do meio na qual o sistema oscila. Neste caso, a energia mecânica diminui com o tempo; as amplitudes das oscilações diminuem, até que o movimento cesse por completo. Por esta razão, dizemos que esse movimento é amortecido.

Considerando o mesmo sistema massa-mola descrito anteriormente. A força de resistência do meio que o produz o amortecimento é, em geral, proporcional à velocidade do corpo que oscila e podemos descrevê-la na forma: $F_d = \alpha v$ ¹. Consideramos aqui apenas oscilações amortecidas unidimensionais, de modo que podemos representar o termo de amortecimento por $-b\dot{x}$.

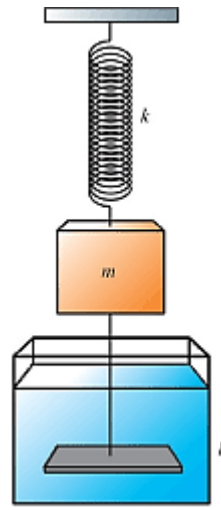


Figura 6 Um oscilado harmônico simples amortecido ideal. Uma palheta imersa em um líquido exerce força no amortecimento sobre o bloco, enquanto este oscila paralelamente ao eixo x . Fonte: Halliday (2011)

Se uma partícula de massa m se move sob a influência combinada de uma força de restauração linear $-kx$ e uma força resistiva $-b\dot{x}$ a equação diferencial que descreve o movimento é

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0 \quad (4-6)$$

que podemos escrever como

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (4-7)$$

¹ Apêndice B

Nessa equação, $\beta = b/2m$, é o parâmetro de amortecimento e $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ é a frequência angular característica na ausência de amortecimento. As raízes da equação auxiliar são

$$\begin{cases} r_1 = -\beta + \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} \\ r_2 = -\beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} \end{cases} \quad (4-8)$$

Portanto, a solução geral da Equação 3-7 é

$$x(t) = e^{-\beta t} [(A_1 \exp(\sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} t) + (A_2 \exp(-\sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} t))] \quad (4-9)$$

Existem três casos gerais de interesse:²

Subamortecimento: $\omega_0^2 > \beta^2$

Amortecimento Crítico: $\omega_0^2 = \beta^2$

Sobreamortecimento: $\omega_0^2 < \beta^2$

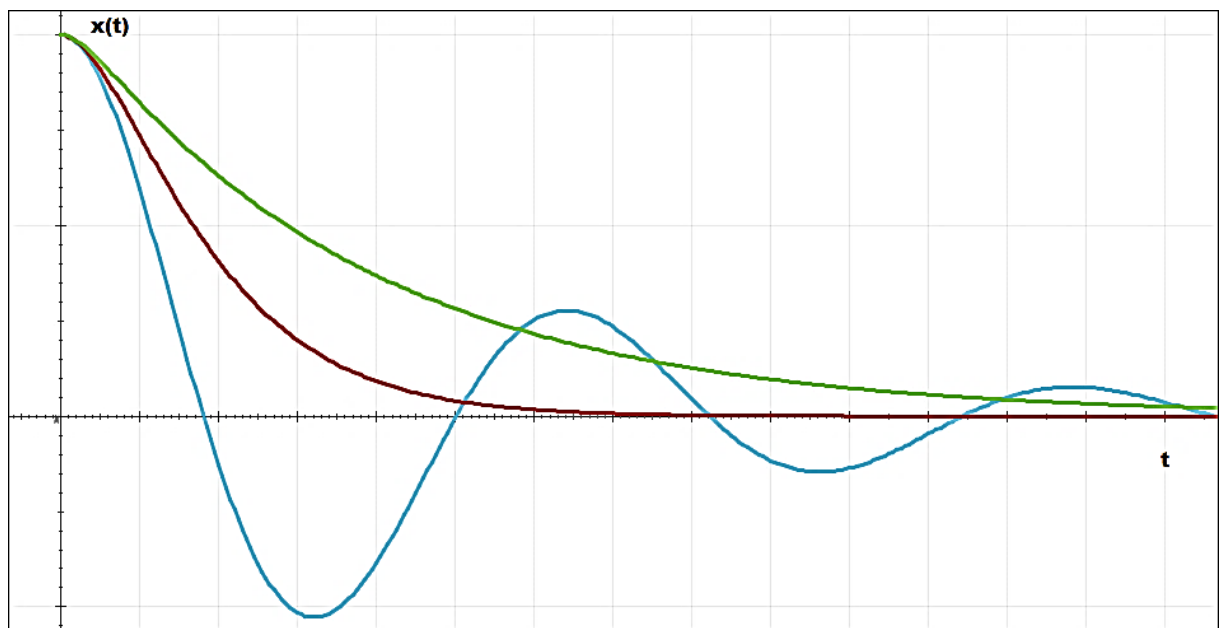


Figura 7: Movimento do oscilador amortecido para três casos de amortecimento. A linha verde da figura representa o caso do sobreamortecimento, a linha vermelha o amortecimento crítico e a linha azul representando o subamortecimento .

Estes três casos serão discutidos separadamente

² Apêndice A

4.3 Movimento Subamortecimento

Para o caso de movimento subamortecido, é conveniente definir

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 - \beta^2 \quad (4-10)$$

onde $\omega_1^2 > 0$. Os expoentes entre os colchetes da Equação são imaginários e a solução se torna

$$x(t) = e^{-\beta t} [A_1 e^{i\omega t} + A_2 e^{-i\omega t}] \quad (4-11)$$

A equação pode ser reescrita como

$$x(t) = Ae^{-\beta t} \cos(\omega_1 t - \varphi) \quad (4-10)$$

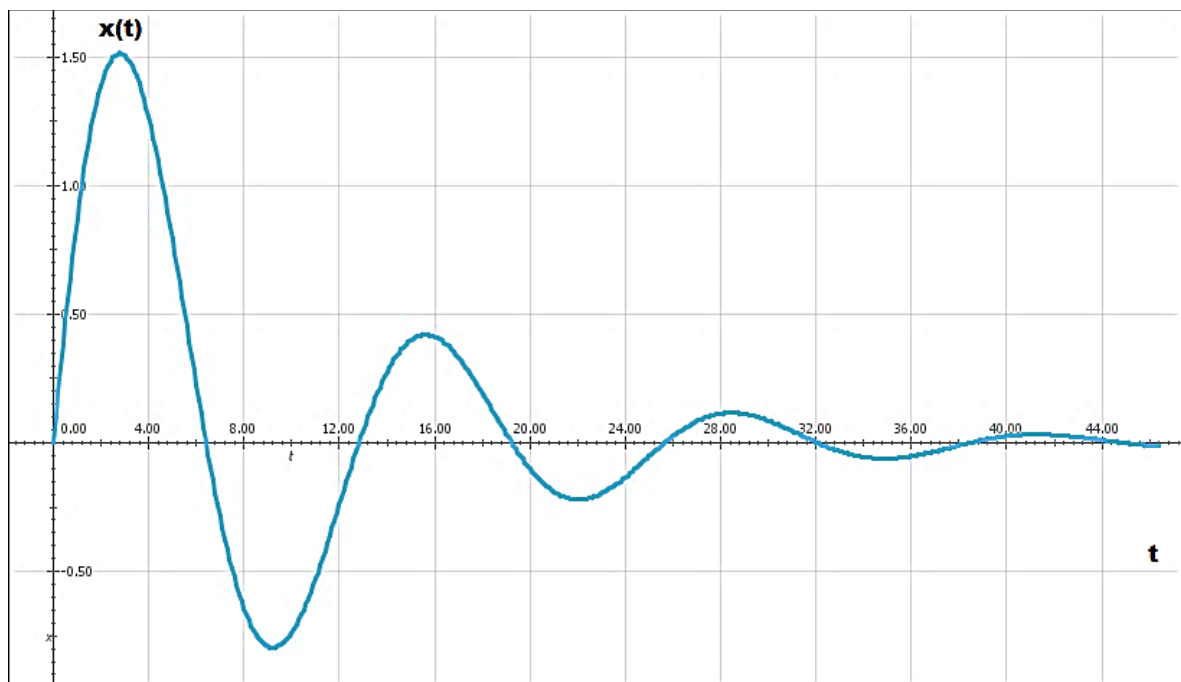


Figura 8: Gráfico $x(t)$ de um movimento subamortecido.

4.4 Movimento criticamente amortecido

O caso de amortecimento crítico ocorre quando β^2 é justamente igual a ω_0^2 . As raízes da equação auxiliar são então iguais e a função x deverá ser escrita como

$$x(t) = (A + Bt)e^{-\beta t} \quad (4-11)$$

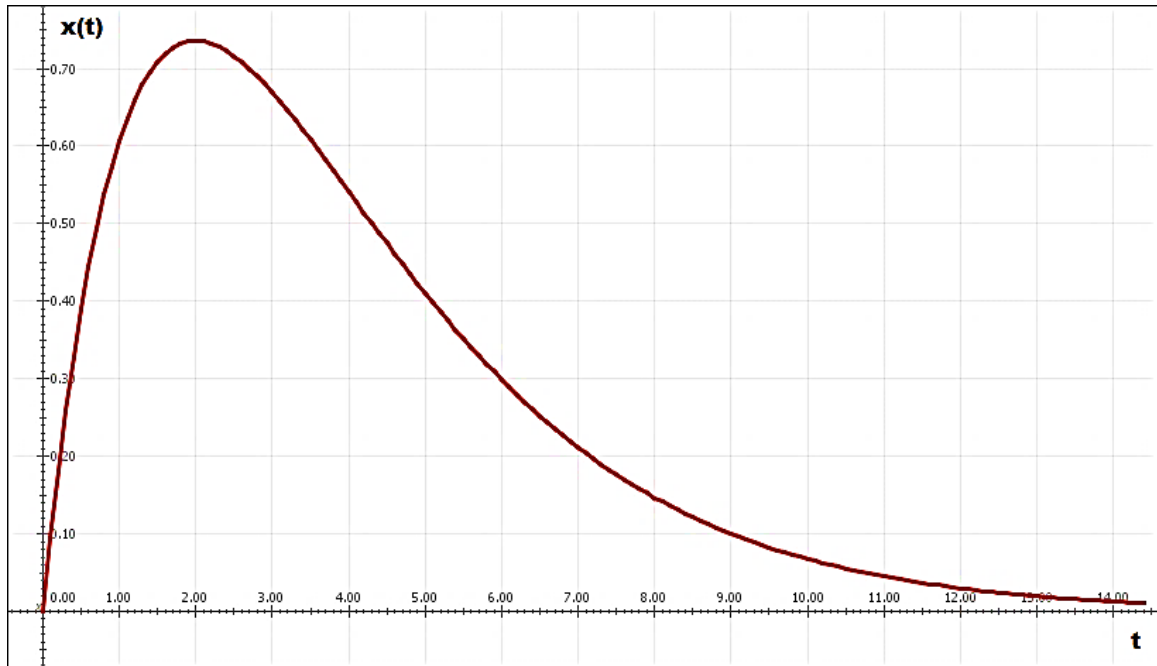


Figura 9: Gráfico $x(t)$ de um movimento criticamente amortecido.

Esta característica é importante no projeto de alguns sistemas oscilatórios reais (ex. galvanômetros) quando o sistema precisa retornar ao equilíbrio o mais rápido possível. Um sistema de fechamento de uma porta pneumática é um bom exemplo de um dispositivo que deveria ser criticamente amortecido. Se o fechamento fosse subamortecido, a porta fecharia com muita força como as outras portas com molas sempre parecem fazer. Se fosse sobreamortecido, a porta levaria um tempo demasiadamente longo para fechar.

4.5 Movimento sobreamortecido

Se o parâmetro de amortecimento β for maior do que ω_0 , isto resultara em sobreamortecimento. Pelo fato de $\beta^2 > \omega_0^2$ os expoentes entre colchetes da Equação 3.9 tornam-se quantidades reais:

$$x(t) = e^{-\beta t}[A_1 e^{\omega t} + A_2 e^{-\omega t}] \quad (4-12)$$

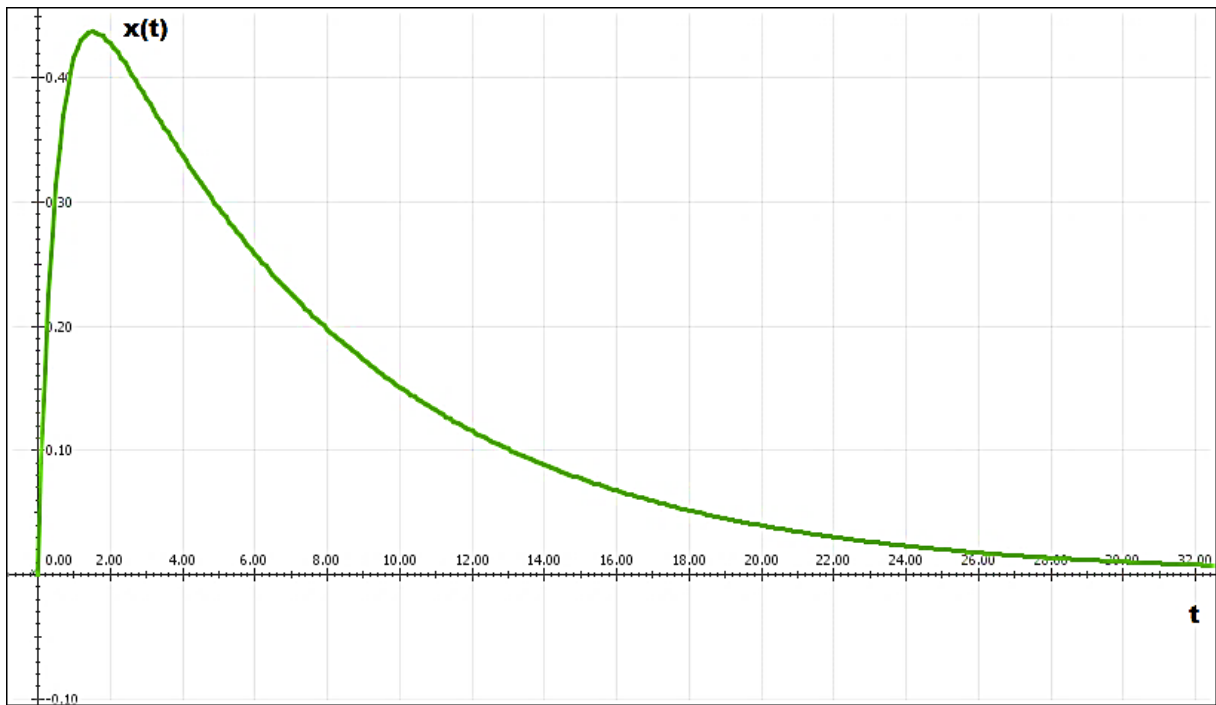


Figura 10: Gráfico $x(t)$ de um movimento sobreamortecido.

4.6 Oscilações Forçadas e Ressonância

Nos casos anteriores, o oscilador harmônico estava sob a ação da força exercida pela mola e, no OH amortecido, também sob a ação de uma força de atrito dissipativa gerada, por exemplo, por uma resistência do ar. Agora, iremos considerar o caso em que o oscilador harmônico está sujeito a mais um agente físico externo, o qual atua durante o movimento. Neste caso, oscilador torna-se um oscilador harmônico forçado (OHF)

O caso mais simples de oscilação impelida é aquele no qual a força de impulsão externa, variando harmonicamente com o tempo, é aplicada ao oscilador. A força total na partícula é então

$$F = -kx - b\dot{x} + F_0 \cos \omega t \quad (4-13)$$

estamos considerando uma força linear e uma força de amortecimento viscoso adicional a força de impulsão. A equação do movimento se torna

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t \quad (4-14)$$

utilizando a notação anterior,

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = D \cos \omega t \quad (4-15)$$

onde $D = F_0/m$ e ω é a frequência angular da força de impulsão. A solução da equação consiste de duas partes, uma *função complementar* $x_c(t)$, que é a solução da equação com o lado direito igualado a zero, e uma *solução particular* $x_p(t)$ que reproduz o lado direito. A solução complementar é a mesma fornecida pela equação 3.9

$$x(t) = e^{-\beta t} [(A_1 \exp(\sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} t) + (A_2 \exp(-\sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} t))] \quad (4-16)$$

Para a solução particular, temos que

$$x_p(t) = \frac{D}{\sqrt{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\beta^2]}} \cos(\omega t - \varphi) \quad (4-17)$$

onde A equivale a:

$$A = \frac{D}{\sqrt{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\beta^2]}} \quad (4-18)$$

A solução geral é obtida mediante a soma da solução particular com a solução da homogênea associada.

Um fenômeno muito importante que ocorre com sistemas oscilantes forçados é chamado de ressonância. Relembrando a solução particular 3.17 para OHF.

$$x_p(t) = \frac{D}{\sqrt{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\beta^2]}} \cos(\omega t - \varphi)$$

A amplitude dessa solução é

$$A = \frac{D}{\sqrt{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\omega^2\beta^2]}}$$

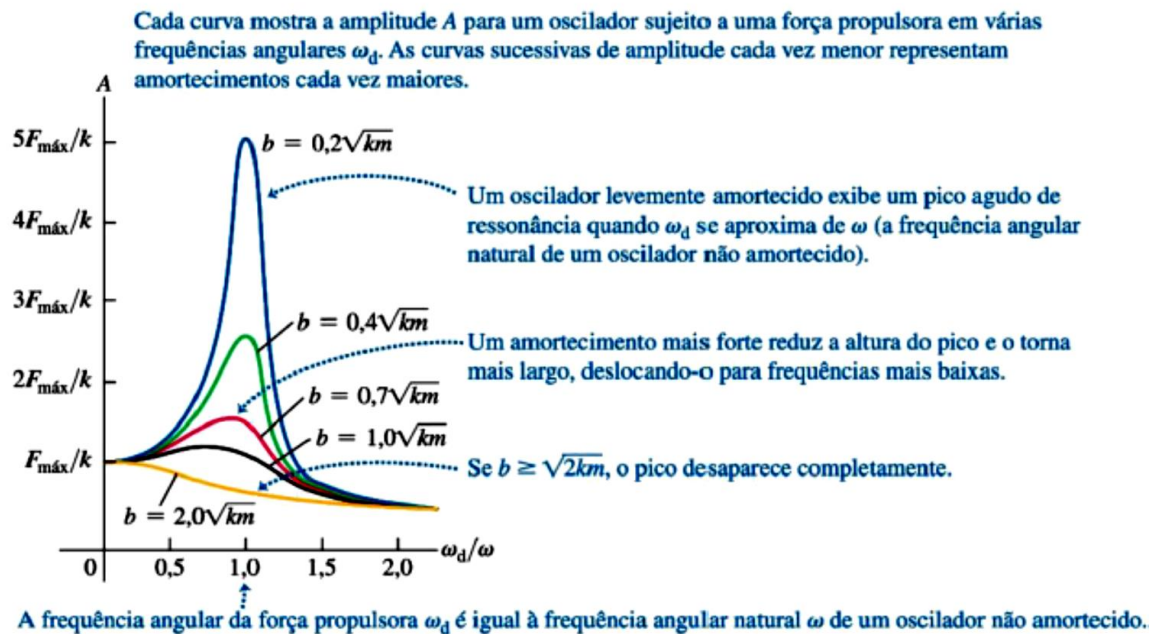


Figura 11: Gráfico da amplitude A da oscilação forçada em função da frequência angular da força propulsora. (Fonte: Young e Freedman, 2015)

A ressonância é o fenômeno que ocorre quando existem um pico de amplitude provocado por uma força cuja frequência está próxima da frequência da oscilação natural do sistema. Um dos exemplos de ressonância é criar oscilações com grande amplitude empurrando uma criança em um balanço com uma frequência igual à frequência da oscilação natural do balanço. As fortes vibrações que ocorrem em um carro quando o motor gira em determinadas rotações. O “som das ondas do mar” ao encostar o ouvido em uma concha do mar é produzido por ressonância.

A ressonância de um sistema mecânico pode ser destrutiva. Uma tropa de soldados, atravessa uma ponte não marchando, devido ao fato do ritmo da marcha se iguala à frequência natural da ponte, podendo assim, rompê-la. Circuitos elétricos também apresentam ressonância, os circuitos de sintonia de rádio ou da televisão respondem fortemente a ondas que possuam uma frequência próxima da frequência de ressonância do respectivo circuito, esse fato é usado para selecionar uma emissora e rejeitar as outras (ALONSO, 2014).

5 Metodologia

Neste trabalho, apresentaremos uma aplicação da transposição didática realizada em três turmas segundo ano do ensino médio do Centro de Educação de Tempo Integral (CETI) João dos Santos Braga, localizada em Manaus-AM, zona norte da cidade, cuja faixa etária dos alunos são de 15 a 18 anos de idade.

Com relação ao espaço escolar, a escola disponibilizou recursos materiais e multimídias, tais como: TV, projetor de imagens (datashow), equipamentos de som (microfones e caixas de som). A escola possui um laboratório de ciências e matemática embora vazio de materiais ou equipamentos para a realização de aulas experimentais no seu acervo de recursos didáticos, juntamente com um laboratório de Informática, com cerca de vinte computadores com acesso à internet e um quadro branco. A aplicação do presente trabalho aconteceu no laboratório de informática.

As aulas de Física de cada turma, acontece quatro vezes por semana com duração de 60 minutos cada, em média cada turma tem cerca de quarenta alunos.

Nossa metodologia de aplicação é baseada em quatro etapas, conectadas entre si, que visam favorecer o desenvolvimento da habilidade do “saber pensar científico”. As respostas dos alunos nas avaliações que fizemos foram categorizadas pela Taxonomia Solo, nosso intuito a utilização da categorização de resposta é fazer uma análise mais completa do desenvolvimento do aluno no final do trabalho, o quanto ele conseguiu entender do conteúdo ensinado, verificando suas respostas entre os cinco níveis da compreensão da taxonomia solo. Nosso incentivo de usá-la veio através de pesquisas no ensino de física e educacional propriamente dito.

Estamos falando de um “saber pensar” como proposto pelo escritor e professor Pedro Demo no seu livro “*Habilidades e Competências no século XXI*”. Neste livro vemos que o “saber pensar” é fruto último de um vasto espectro de habilidades, sendo que, algumas delas, fogem do objetivo do trabalho proposto. Portanto, fazemos um recorte e propomos, afinal este é um dos nossos objetivos, favorecer o desenvolvimento do “saber pensar científico” mediando o ensino de oscilações simples e mais realísticas, por meio das simulações computacionais. O “saber pensar científico” emerge, da superposição de apenas duas habilidades, não disjuntas entre si: (a) a da formulação/verificação de hipóteses e (b) de lidar com as relações/inter-relações das variáveis que descrevem oscilador harmônico simples e amortecido.

Deixando a dificuldade matemática para o software *Modellus* resolver, assim como feito por Veit e Teodoro (2002) e focaremos nossas energias em apresentar e discutir a proposta – ela se desenvolve em quatro etapas como segue abaixo:

5.1 Apreciando o Conhecimento Prévio do Aluno

Nesta primeira etapa, nosso objetivo é saber o que alunos sabem sobre oscilações de maneira geral, para que expressem os seus conhecimentos prévios verbalmente (MOREIRA, 2011). O diálogo é central nesta etapa. Aqui não apenas o professor pode contribuir com o desenvolvimento da habilidade de expressão oral (argumentação) dos alunos, mas o professor deve ser dotado da habilidade argumentativa. É o diálogo que permite superar o modelo de ensino comportamental – aquele em que o aluno é um saco vazio, o professor sabe e o aluno apenas ouve e copia (SANTOS, 2013). Enfatizamos que nesta etapa não iniciamos uma aula propriamente expositiva, e sim uma aula de diálogo entre professor e aluno sobre o novo tema.

5.2 Aula Expositiva Dialogada

A partir do momento que o professor já sabe o que o aluno pensa sobre o assunto que será ensinado, ele pode planejar de maneira mais adequada para apresentar o assunto. Isso é importante para promover a transição (ou superação) do conhecimento empírico, baseado no senso comum, para o conhecimento científico. Além disso, dado que o professor tem uma noção mais precisa do imaginário coletivo da sala de aula sobre o tema de oscilações, ganhando assim mais poder para negociar as possíveis atribuições de sentidos (significados) que os alunos darão ao novo conhecimento (MOREIRA, 2011). Mais uma vez o diálogo é central para o desenvolvimento e consolidação da proposta

5.3 A codificação do Software *Modellus*

Após a avaliação de conhecimento prévio e da aula expositiva, o software *modellus* foi apresentado, neste momento explicamos como funciona a sua codificação, ou seja, como utilizar as funções matemáticas nativas do software, como escrever as equações a fim de obter as simulações desejadas, podendo fazer assim uma resolução de um problema analiticamente de um sistema massa-mola no plano, e depois resolver o mesmo problema com um aspecto computacionalmente por meio do *modellus* e compara os resultados. Nesta etapa precisamos deixar claro o poder do software.

No ensino médio os alunos ainda não têm competência para resolverem analiticamente as equações diferenciais que descrevem o comportamento (movimento) dos sistemas oscilantes ou outros sistemas físicos. Com a mediação do *modellus* os alunos não precisam se preocupar com isso, pois esta dificuldade é deixada para o software.

5.4 Verificação do Saber Pensar Científico

Após as três etapas anteriores, pode-se finalmente, e de maneira mais contundente, pôr o aluno para trabalhar com os estudos de um OHS sobre um meio resistente, sobretudo, buscar pela aprendizagem significativa do fenômeno estudado (MOREIRA, 2011; SANTOS, 2013) através de atividades potenciais. *Como?* Pedindo que os alunos avaliem algumas situações específicas utilizando diferentes valores para as grandezas envolvidas na descrição do comportamento dos sistemas como: incluir ou não a

resistência do ar em um sistema massa-mola, aumentar a constante elástica, a massa do bloco. O objetivo da dinâmica é desenvolver as habilidades de (i) lidar com as variáveis que controlam a evolução dos sistemas e (ii) construir e verificar hipóteses sobre o comportamento dos sistemas. Ambas atuam, concomitantemente para aguçar o raciocínio lógico do aluno e em adição o “saber pensar científico”.

6 Aplicação em sala de aula

6.1 Etapa 1

Aula 1

Nesta aula, queríamos saber o conhecimento prévio dos alunos, sobre o que eles entendiam sobre movimentos oscilatórios, perguntando, qual o significado que as palavras “oscilação” ou “oscilando” tinha para eles. Obtivemos algumas respostas e grande maioria falou apenas que relacionavam a movimentos repetitivos. Escrevemos uma pergunta no quadro para eles responderem.

Conhece algum movimento oscilatório realizado por uma máquina qualquer?

Obtivemos algumas respostas, entretanto, esclarecemos de maneira teórica, utilizando exemplos sobre pistões do motor de um automóvel por exemplo ou de um pêndulo de um relógio para ilustrar fenômenos oscilatórios.

Além de procurar saber o conhecimento prévio do aluno, um dos nossos objetivos nesta aula era que os alunos, soubesse reconhecer a diferença sobre movimento periódico e oscilatório. Para um movimento periódico citamos a translação de um planeta em relação ao sol que se repete em intervalos iguais, em seguida, falamos de movimentos oscilatórios, para isso, fizemos a citação, como exemplo, a de um pêndulo.

Para esclarecer está diferença, explicamos que todo movimento periódico, cujo sentido é regulamente invertido, recebe o nome de movimento oscilatório, neste caso o pêndulo simples que havíamos citado anteriormente.

Logo após isso, começamos a ensinar sobre frequência e período, a dúvida maior dos alunos não era entender a descrição matemática de frequência e período, que são inversamente proporcionais e suas respectivas unidades de medida, porém, a explicação teórica, distinguindo frequência e período, foi exigido uma atenção nossa, utilizando assim exemplos de movimentos que possuem períodos bem definidos, como a rotação da terra .

Nesta aula, não tratamos de nenhum aspecto quantitativo do assunto que se iniciava, apenas o aspecto qualitativo.

6.2 Etapa 2

Aula 2

Iniciamos com uma aula expositiva dialogada, realizada no laboratório de informática, no primeiro momento da aula, utilizamos o quadro do laboratório para explicar de forma teórica sobre o pêndulo simples, e suas especificidades, como sua equação do período, aproveitamos também para serem feitas algumas resoluções de exercícios.

Passado este primeiro momento da aula, fomos ao segundo momento da aula, onde utilizamos os computadores para se realizar uma atividade pratica, contudo, feita no computador, acessamos o site educacional *Phet Colorado*, em que se encontrava uma simulação pronta de um pêndulo simples.

Nosso intuito com a simulação, era os alunos enxergarem de forma prática as grandezas que o período de um pêndulo simples dependia, como seu comprimento e a gravidade do local onde se encontra, e também mostrar quais grandezas ele não dependia, que neste caso era a massa. A partir das situações que iríamos explorar, os alunos tirarem suas conclusões.

Na primeira situação exploramos a massa do pêndulo, pedimos aos alunos que medissem o período de um pêndulo de um quilograma e depois de uma massa qualquer que eles podiam escolher, e explicasse o resultado que foi observado.

A segunda situação foi pedida que definissem um comprimento inicial do pêndulo e achasse seu período e comparasse com um de comprimento inicial diferente do primeiro, seja maior ou menor, e explicasse o resultado.

A última situação foi para realizar medidas do período de um pêndulo simples em diferentes superfícies de planetas como saturno ou marte. As respostas foram variadas, algumas duplas se restringiram apenas a fazer anotações das possíveis diferenças observadas no período do pêndulo simples, não fazendo uso da afirmação da razão de ter mudado, enquanto outras, conseguiam afirmar o motivo da alteração. Após a atividade, constatei uma dificuldade de grande parte dos alunos, que se resumia a utilização do computador, comandos como ligar, desligar e pesquisar, muitos deles usavam apenas o celular até então.

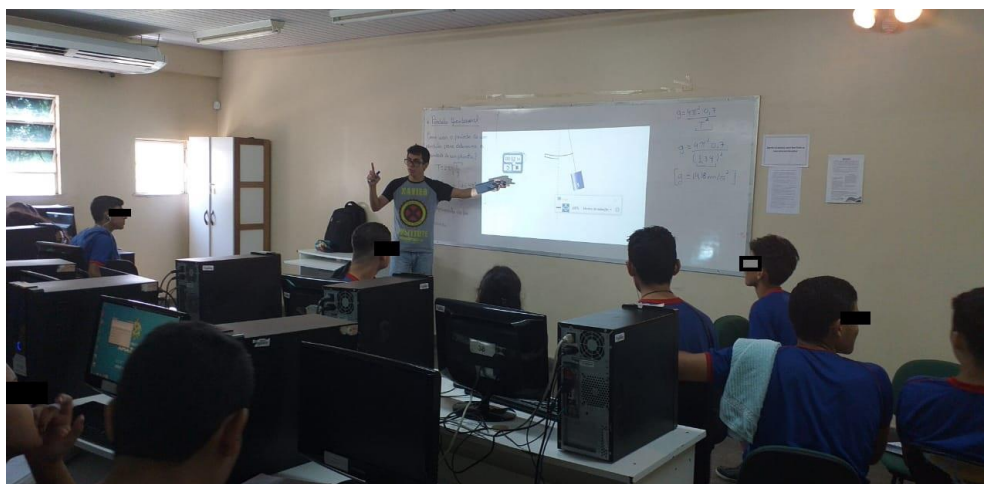


Figura 12: Docente fazendo uma aula expositiva dialogada sobre o pêndulo simples.



Figura 13: Estrutura do laboratório de informática.

Aula 3

Depois da aula inicial sobre pêndulo simples, iniciamos com o assunto do Movimento Harmônico Simples (MHS), nesta parte da aula, estávamos nos restringindo ao estudo teórico do tema com o suporte em vídeos e imagens mostradas na data show, o nosso foco do MHS aqui da aula, foi a do cálculo do período de um sistema massa-mola (eixo vertical e horizontal) assim como o período e sua frequência.

Nossa ênfase nesta parte da aula foram duas, a primeira era alertar para a diferença do cálculo do período do pêndulo simples com a do sistema massa-mola, enquanto o período do sistema massa-mola depende da massa m do ponto material em movimento e da constante elástica K , mas não depende da amplitude da oscilação, o pêndulo simples não dependia da massa da esfera pendular. Essa ênfase foi se necessária, porque os alunos estavam confundindo as duas equações.

A segunda foi quando abordamos o sistema massa-mola tanto na vertical e horizontal, estávamos envolvendo o conceito de *força*, assunto este, que grande parte das turmas, haviam esquecido, muitos alunos, e precisavam saber a diferença também em cada situação, enquanto que o oscilador no eixo horizontal a força resultante é a força elástica, no eixo vertical, a força resultante no bloco não é a mais a força elástica, mas sim a composição vetorial da força elástica com a força peso do bloco.

Aula 4

Prosseguimos com o tema de oscilações, antes de iniciamos, fizemos uma revisão rápida dos conceitos de energia, potencial, cinética e elástica, após isto, comentamos que também existia o conceito de energia no MHS.

A revisão sobre energia mecânica, se foi necessária por duas razões (*i*): pela experiência nas aulas anteriores, muitos alunos da turma já tinham esquecido assuntos essenciais da mecânica (1 ano do ensino médio), que nesta parte do assunto ensinado, estavam sendo exigidos para uma melhor compreensão.

Após a revisão, foi explicado que as energias cinética e potencial variam, pois variam a velocidade v e a posição x do ponto material. Porém, a energia mecânica permanece constante, uma vez que supomos que não existia uma força de atrito ou dissipativa ao analisarmos o MHS, para um entendimento melhor do aluno, utilizamos várias animações prontas da web (relembramos que existem casos na mecânica também), que mostram a energia mecânica permanecendo constante.

A análise gráfica da turma, foi um fator que precisou ser revisto algumas vezes durante esta aula, devido a sua dificuldade modo geral, não obstante, nos exercícios que fizemos em sala de aula, foi dada atenção especial, nos exercícios que tinham gráficos envolvendo energia cinética ou potencial, justamente para fortalecer o que estava sendo ensinado.

Aula 5

Na aula seguinte, tínhamos o objetivo de chegar às equações da cinemática do MHS, para isso, precisávamos fazer a relação do MHS com o movimento circular uniforme (MCU).

Ao chegarmos nas funções horária do espaço, velocidade escalar e aceleração do MHS. Explicamos sobre algumas especificidades, como o módulo da velocidade máxima assim como a aceleração podendo ser máxima ou mínima nos pontos de inversão do movimento. Esclarecemos e fizemos uma ênfase novamente em gráficos, agora para cada função horária do MHS estudada e apresentada na aula, dizendo que são funções senoidais e cossenoidais.

Por serem função seno e cosseno, que são estudadas em trigonometria, tivemos que relembra rapidamente elas no âmbito da matemática.

6.3 Etapa 3

Aula 6

Começamos a ensinar a codificação do software *modellus*, a finalidade era explicar os ícones, funções e janelas, para quando começarmos a fazer a modelagem dos MHS para os sistemas de amortecimento, os alunos tivessem mais autonomia e familiaridade com o software, porque já tinham visto e manipulado ele antes, contudo, agora o assunto seria algo que eles estavam estudando.

Um bom ponto de partida, para a aprendizagem do *modellus*, é trabalhar com funções matemáticas simples e também com assuntos da cinemática (movimento uniforme e uniformemente variado), neste momento da aprendizagem, estamos explicando o funcionamento de como se escrever na janela modelo matemático e também o uso de gráficos, em níveis mais básicos.

Por ver o a situação estudada acontecer na sua frente, a atenção por parte dos alunos foi imediata, uma das partes que despertou o interesse, e que não precisava “fazer conta”, e o ato de você criar sua situação do fenômeno estudado é algo que motivou ele, teve duplas que colocou um dinossauro para correr atrás de um pássaro, para ilustrar o problema do encontro de duas partículas.

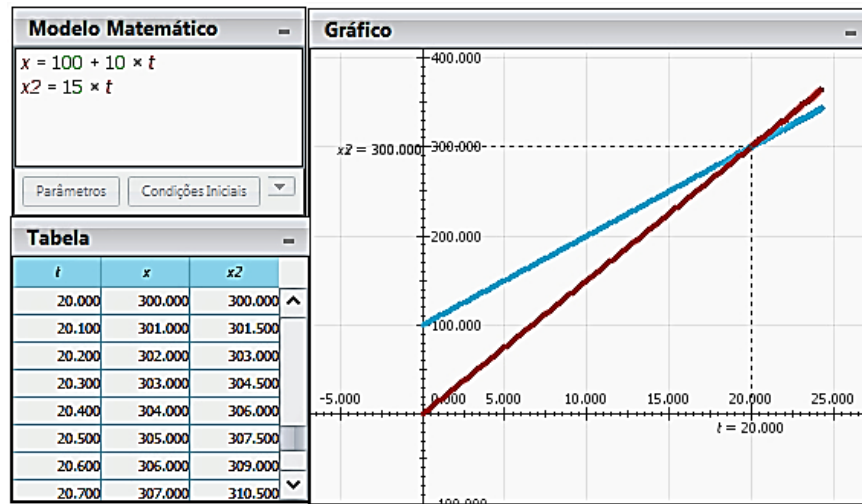


Figura 14: Simulação que ilustra o encontro de dois carros, que foi usada na aula inicial.



Figura 15: Turma A no laboratório de informática.

Aula 7

Nesta aula iniciamos fazendo uma revisão geral, dos assuntos estudados que já tínhamos visto, inclusive sobre o *modellus*, no entanto, nosso foco era abordar o assunto estudado por meio de modelagem por meio de gráficos, tabelas ou animações, e ressaltar algumas conclusões que já tínhamos feito nas aulas expositivas, contudo, agora tínhamos um agente facilitador computacional, digitamos as funções horárias na janela do modelo matemático, montamos modelagem baseado em próprios problemas de livros de física do ensino médio, justamente para mostrar que tanto a resolução teórica, como, a resolução computacional apresentava resultados iguais.

Em outro momento da aula, começamos a inserir na modelagem do MHS o atrito, e começamos a partir daí, formular perguntas para a turma à medida que o sistema físico estudado no computador ia ficando mais realista.

- *O que acontece em sistema oscilantes reais devido à existência de forças dissipativas?*
- *O que acontece com a amplitude de um sistema do MHS quando se tem presença de atrito? E sua velocidade?*
- *A energia mecânica de um sistema oscilante é constante quando existe uma força dissipativa?*
- *A medida que eu aumento o coeficiente dissipativo, o que acontece com o sistema oscilante ?*

Nosso proposito aqui era que a turma começasse a ver os padrões no MHS que estávamos vendo sem a presença de atrito e comesçassem a comparar com os “padrões” que estavam sendo levado em conta forças dissipativas.

6.4 Etapa 4

Aula 8 e Aula 9

Para finalizar a metodologia, elaboramos uma atividade avaliativa de todo conteúdo ensinado, dividimos ele em duas partes, uma parte teórica que continha um texto, um roteiro de vídeos que continha uma revisão dos conteúdos estudados e experimentos mostrados em sala de aula por meio de vídeos e outros não vistos na sala de aula ainda e por fim questões que envolviam cálculos algébricos, esta primeira parte da avaliação foi entregue na aula anterior para a dupla resolver e entregar antes da ida ao laboratório que seria realizada a parte computacional.



Figura 17: Dupla no dia da avaliação.

A segunda parte da avaliação, de cunho computacional, os alunos seguiram um roteiro, que percorreriam um grupo de questões, todas com uma simulação computacional pronta em que se era pedido uma análise explicativa do fenômeno apresentado, cálculos algébricos foram dispensados nesta avaliação, nosso propósito, era instigar a argumentação do aluno, para os mais variados fenômenos apresentados e assim criar suas próprias hipóteses.

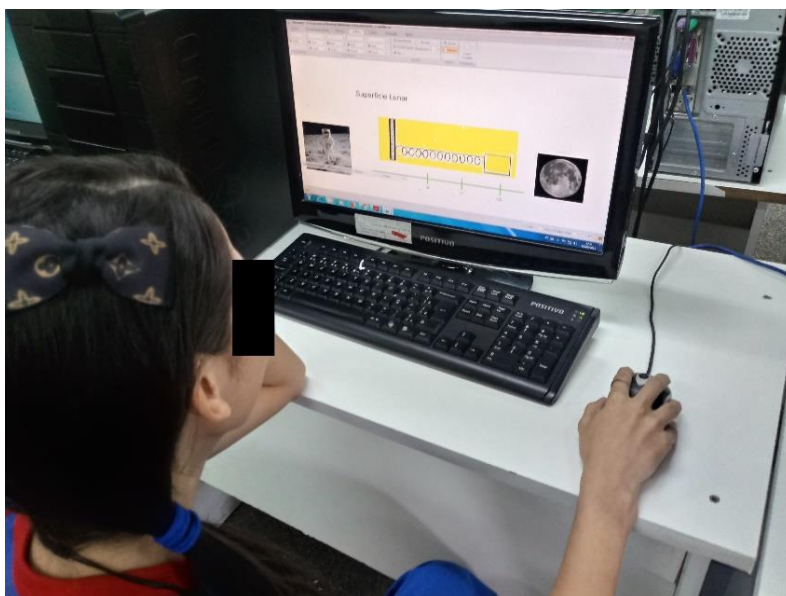


Figura 18: Avaliação Computacional.

7 Resultados e Discussões

À medida que as avaliações iam sendo corrigidas, fomos catalogando as qualidades das respostas segundo a taxonomia solo, iremos iniciar primeiramente pela avaliação teórica, mostraremos uma questão principal e seu respectivo comentário.

A questão a seguir envolve calculo algébrico, apresentando uma situação do cotidiano que alguns alunos já passaram. A maioria das duplas e alguns alunos que fizeram individual e que responderam à questão, respondeu com lacunas, sem explicação da utilização das funções horárias e uma pequena maioria chegou a explicar o raciocínio de forma contundente e apresentar uma resolução diferente inclusive.

Questão 2: Um carro percorre um trecho de estrada cuja superfície é ondulada. Como a vida útil dos amortecedores de seu carro está vencida o motorista realiza um movimento harmônico simples vertical de amplitude 4,0 cm ao atravessar tal trecho. Sendo a aceleração da gravidade 10 m/s^2 e considerando $\pi^2 = 10$, a maior frequência de vibração do carro para que o motorista não perca contato com o assento é?

2) Um carro percorre um trecho de estrada cuja superfície é ondulada. Como a vida útil dos amortecedores de seu carro está vencida o motorista realiza um movimento harmônico simples vertical de amplitude 4,0 cm ao atravessar tal trecho. Sendo a aceleração da gravidade 10 m/s^2 e considerando $\pi^2 = 10$, a maior frequência de vibração do carro para que o motorista não perca contato com o assento é?

a) $5,0 \text{ Hz}$ $g = \omega^2 \cdot A$
 b) $4,0 \text{ Hz}$ $g = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot A$
 c) $2,5 \text{ Hz}$ $g = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A$
 d) $2,0 \text{ Hz}$ $10 = 4 \cdot 10 \cdot f^2 \cdot 10^{-2}$
 e) $1,0 \text{ Hz}$ $f^2 = \frac{10^2}{4^2} \rightarrow f = 2,5 \text{ Hz}$

$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$
 $v = -\omega \cdot A \cdot \sin(\omega \cdot t)$
 $a = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t)$

Figura 19: Resposta da avaliação teórica da dupla A da classe C

Comentário: A dupla chegou à resposta correta que constava no gabarito, contudo, simplesmente apresentou várias formulas e não houve uma explicação do seu e das conexões entre elas, considerando está uma resposta *multi-estrutural (M)*.

2) Um carro percorre um trecho de estrada cuja superfície é ondulada. Como a vida útil dos amortecedores de seu carro está vencida o motorista realiza um movimento harmônico simples vertical de amplitude 4,0 cm ao atravessar tal trecho. Sendo a aceleração da gravidade 10 m/s^2 e considerando $\pi^2 = 10$, a maior frequência de vibração do carro para que o motorista não perca contato com o assento é?

- a) 5,0 Hz
 b) 4,0 Hz
 c) 2,5 Hz
 d) 2,0 Hz
 e) 1,0 Hz

Para não perder contato a aceleração máxima da mola não pode superar a aceleração da gravidade vale dizer:

$$mg = kx \rightarrow k = \frac{mg}{x} \quad | \quad g = \omega^2 \cdot a$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad | \quad g = (2\pi \cdot f)^2 \cdot A$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mg}{m \cdot x}} \quad | \quad g = 4\pi^2 \cdot f^2 \cdot a$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{x}} \quad | \quad 10 = 4 \cdot 10 \cdot f^2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}$$

$$f = 2,5 \text{ Hz}$$

$f = 2,5 \text{ Hz}$

Figura 20: Resposta da Avaliação teórica da dupla A da classe A.

Comentário: A dupla foi de um grupo seletivo de alunos que resolveu o problema de maneira diferente dos demais. Sua resposta foi classificada como *relacional(R)*, não por terem feito de maneira diferente, mas, por apresentar os pontos interligando aspectos teóricos e algébricos.

Elaboramos uma tabela mostrando de maneira geral como foi o desempenho das turmas de modo geral em cada questão, usando o critério da taxonomia solo.

Número de Participantes- 62 alunos						
Avaliação Teórica						
Questão	Pré-Estrutural (P)	Uni Estrutural (U)	Multi-Estrutural (M)	Relacional (R)	Abstrato (A)	Não responderam
1	0,00%	0,00%	95,16%	4,84%	0,00%	0,00%
2	0,00%	4,84%	56,45%	38,71%	0,00%	0,00%
3-A	0,00%	3,22%	80,65%	16,12%	0,00%	0,00%
3-B	0,00%	11,29%	72,58%	16,12%	0,00%	0,00%
3-C	0,00%	3,22%	77,42%	19,35%	0,00%	0,00%

Tabela 3: Correção avaliativa teórica, usando a taxonomia solo.

A segunda parte da avaliação, foi em no aspecto computacional, iremos selecionar uma questão principal, e fazer uma análise da resposta baseado na taxonomia solo.

Na questão a seguir foi apresentada uma situação no formato de simulação computacional, em que foi pedido a dupla que fizesse uma descrição, sobre as características da força elástica, velocidade e aceleração do bloco em movimento.

Grande maioria das duplas, focou excessivamente na descrição numérica da situação computacional apresentada, esquecendo dos conceitos físicos que a questão pedia.

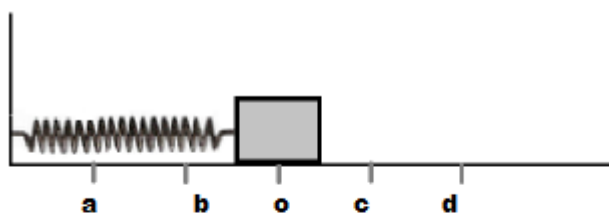


Figura 1 – Sistema massa-mola.

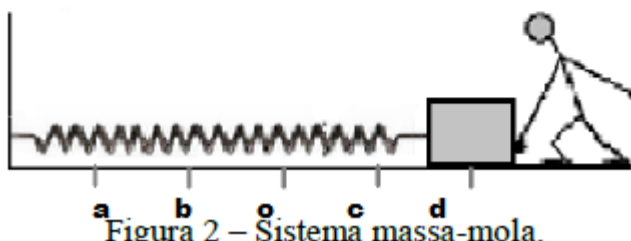


Figura 2 – Sistema massa-mola.

Figura 21: Descrição da situação problema que foi auxiliada pela simulação.

resposta

1- Na primeira figura, o movimento do bloco é igual a zero. Na segunda figura quando o menino exerce a força sobre o bloco ele torna a força elástica, aceleração e velocidade negativa

$v = 2.3506$

$A = 75.2938$

$F = 3.8234$

Quando o menino solta a mola os valores tornam positivos

$v = 4.7458$

$A = 73.6839$

$F = 3.4270$

Figura 22: Resposta da avaliação da computacional da dupla B da classe B.

Comentário: A dupla focou-se na descrição numérica e não explicou os conceitos físicos que estão presentes na simulação, inclusive consta-se a falta inclusive das unidades de medida dos dados que eles obtiveram com base na observação, caracterizando sua resposta como *uni-estrutural (U)*.

A avaliação computacional, era uma prova de análise, e não exclusivamente calculista, seu método de resolução poderia ser feito por duas maneiras : (i) por meio de gráficos ou tabelas (ii) ou pela animação que estava a sua disposição, a utilização de qualquer uma delas, juntamente com um estudo , poderia tirar assim suas conclusões e responde-la. Fizemos um quadro de porcentagem de qual foi o nível que as duplas atingiram segundo a taxonomia solo em cada questão proposta.

Assim como na avaliação teórica, elaboramos uma tabela com o respectivo desempenho de todos os alunos.

Número de Participantes- 62 alunos						
Avaliação Computacional						
Questão	Pré-Estrutural (P)	Uni Estrutural (U)	Multi-Estrutural (M)	Relacional (R)	Abstrato (A)	Não responderam
1	0,00%	56,45%	40,32%	3,23%	0,00%	0,00%
2	0,00%	61,29%	32,25%	6,46%	0,00%	0,00%
3-A	3,23%	75,80%	20,09%	0,00%	0,00%	0,00%
3-B	3,23%	75,80%	20,09%	0,00%	0,00%	0,00%
3-C	6,46%	80,64%	12,90%	0,00%	0,00%	0,00%
3-D	4,84%	75,80%	19,35%	0,00%	0,00%	0,00%
3-E	12,91%	72,58%	14,51%	0,00%	0,00%	0,00%
4	11,30%	80,64%	4,84%	3,22%	0,00%	0,00%
5-A	83,88%	12,91%	3,22%	0,00%	0,00%	0,00%
5-B	33,88%	56,45%	3,22%	0,00%	0,00%	6,45%
5-C	46,68%	40,32%	0,00%	4,84%	0,00%	8,16%

Tabela 4: Correção avaliativa computacional, usando a taxonomia solo.

No final da avaliação, continha um questionário, perguntando sobre o software *modellus* e o estilo de avaliação que fizemos, a resposta poderia ser em conjunto, porém, caso algum membro da dupla tivesse uma opinião diferente, poderia expressar normalmente.

- a) O uso de software *modellus*, permite uma visualização melhor do fenômeno físico estudado? Para que casos vocês acham que ele seria melhor utilizado? Justifique.
- b) Se fosse adotado o uso do software *modellus* como mais uma maneira de avaliação, acharia viável este modelo?
- c) Você já usou o computador para este tipo de avaliação? Ou avaliação semelhante?
- d) Antes desta avaliação, qual a utilidade do computador na sua vida diária estudantil ou pessoal?

Iremos mostra a opinião de uma dupla a respeito do questionário e transcrever sua resposta digitalmente. E depois mostrar uma tabela com a opinião das duplas.

5-a) Sim, ele pode ser utilizado para várias coisas se quisermos saber a distância, velocidade, massa e etc, usamos esse software para ajudar.

b) Sim, facilitaria muito depois que dominássemos o software.

c) Sim, já fizemos exercícios semelhantes.

d) usávamos para fazer trabalhos, pesquisas e apresentações para a escola.

Figura 23: Opinião da dupla C da classe C.

Resposta transcrita digitalmente da letra a – “Sim, ele pode ser utilizado para várias coisas se quisermos saber a distância, velocidade, massa e etc, usamos esse software para ajudar.”

Resposta transcrita digitalmente da letra b – “Sim, facilitaria muito depois que dominássemos o software.” A dupla afirmou que não tinha um domínio completo ainda do software.

Resposta transcrita digitalmente da letra c – “Sim, já fizemos exercícios semelhantes.”

Resposta transcrita digitalmente da letra d – “usávamos para fazer trabalhos, pesquisas e apresentações para a escola.”

Pergunta 6A	Melhorar a visualização	Não melhora
	98,38%	1,62%
Pergunta 6B	Acharam viável	Não acharia viável
	80,64%	19,36%
Pergunta 6C	Usou	Não usou
	24,19%	75,81%
Pergunta 6D	Trabalhos e pesquisas	Entretenimento
	62,90%	37,10%

Tabela 5: Opinião dos alunos e respostas mais presentes no questionário separados por perguntas.

Analisando a avaliação teórica, obtivemos uma resposta regular, obtivemos algumas respostas nos níveis Uni estrutural (U) e nenhuma no Pré-estrutural (P), grande maioria das respostas foram no nível Multi estrutural (M), sendo que maioria delas estava perto para avançar a nível Relacional (R), de qualquer maneira, podemos observar uma melhorar no nível de aprendizado com relação a turma.

Fizemos também, uma verificação comparando o desempenho dos alunos na parte teórica e computacional, notamos que houve uma queda de desempenho na linha computacional em relação à teórica. Ficamos com algumas hipóteses sobre a razão deste baixo rendimento: (i) podendo ser alguma

dificuldade não superada sobre o software no momento de aprendizagem de sua codificação, (ii) não estar acostumado com este tipo de avaliação, como dito anteriormente, era uma avaliação que exigia leitura de gráficos, tabelas ou da animação em si, e vimos (aula 4 por exemplo), que muitos alunos tinham e ainda têm dificuldades em leitura de gráficos, e também para muitos, estavam participando deste modelo pela primeira vez e (iii). pode não ter sido ensinada e abordada de uma forma mais eficiente.

Entretanto, obtivemos respostas que nos incentivam a continuar, podendo assim a aperfeiçoar mais o método de se apresentar e ensinar um ensino da física com a utilização do *modellus* como agente facilitador de aprendizagem, muitos alunos, citaram a melhora na visualização do fenômeno estudado e que achariam viável este tipo de avaliação.

8 Conclusão

Neste trabalho, um dos nossos propósitos, era fazer uma transposição didática do assunto de oscilações, fazendo uma ampliação do que é ensinado sobre osciladores harmônicos na sala de aula e também nos livros didáticos, tornando um pouco mais realístico para o aluno, para isso usamos a simulação computacional com a ajuda de um agente facilitador que foi o *modellus*. Contudo, para fazermos uma transposição didática mais eficiente, queríamos consolidar aos alunos primeiro os padrões de um oscilador harmônico simples, que o livro didático ensina, e fazer a comparação, por meio de atividades que envolviam situações específicas, usando a simulação computacional, a mudança que ocorre, quando inserimos uma força dissipativa em um oscilador harmônico.

Os resultados que obtivemos na parte teórica foi um resultado favorável, tivemos dificuldades, principalmente pela falta de conhecimentos prévios dos alunos. Segundo Moreira(2011), nestas situações temos que relembrar o conhecimento prévio que se encontra no aluno, e caso ele não tenha, tem que se construir o conhecimento prévio, nossa solução, foi fazer revisões frequentes sempre que possível dos assuntos da mecânica, matemática básica e do assunto que estava sendo ensinado, assim como resolução de exercícios em sala e para casa, obtivemos assim uma aprendizagem por parte da maioria dos alunos, a tabela mostra isto.

No aspecto computacional, embora a tabela mostra que houve uma caída, obtivemos respostas que mostram que houve uma aprendizagem, embora pequena, mas, uma aprendizagem por parte da turma ainda, e ganhamos um incentivo para continuar também este tipo de atividade por parte deles.

Incentivamos o ensino concomitante com o aspecto computacional, por haver muitas possibilidades de se trabalhar com assuntos mais próximos do cotidiano do aluno, ampliando o que está no livro ou consolidando o que já está lá, não apenas usando computadores, mas, smartphones também (FERNANDES,2016), a sua inserção é irreversível, e ainda não sabemos sua total contribuição no ensino,

REFERÊNCIAS

- ALONSO, M. & FINN, E. J., **Física: Um curso universitário Vol. I.** (Edgard Blucher, São Paulo, 2014).
- ALVES-FILHO, J. de P., **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**, Caderno Catarinense de Ensino de Física 17, 174-182 (2000).
- AMANTES, A. **O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Referencial Inercial**. 2005. 183f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- AMORIM, EDILÚCIO SIQUEIRA DE ALMEIDA, and FRANCISCO EULÁLIO ALVES DOS SANTOS. **O uso do software modellus como ferramenta auxiliar no ensino de física: uma aplicação da cinemática**. Diss. Universidade Federal do Acre, 2018.
- ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M., **A didática das Ciências** (Papirus, Campinas, 2006).
- ASTOLFI, J. P., ET AL. **Motsclés de la didactique des sciences** (De Boeck & Larcier, Bruxelas, 1997).
- BOTON, JAINE DE MORAES. **"O processo de escolha do livro didático por professores: a evolução do PNL D e seus efeitos no ensino de ciências."**. Dissertação (Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria, Rio grande do Sul, 2014.
- BORGES, Oto, and Amanda AMANTES. **"O Entendimento de Estudantes do Ensino Médio sobre Sistema de Referência e Movimento Relativo"**. In.: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru, SP. "Anais... Bauru, SP:[ABRAPEC] (2003).
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental.** – Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação, **Orientações curriculares para o ensino médio**. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. v. 2, 2006.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017.
- BROCKINGTON, GUILHERME, AND MAURÍCIO PIETROCOLA. **"Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna?"** Investigações em Ensino de Ciências 10.3 (2016): 387-404.
- CEIA, M. **A taxonomia SOLO e os níveis de van Hiele**. Atividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores, p. 241-255, 2002.
- CHEVALLARD, Y., **La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado** (La Pensée Sauvage, Buenos Aires, 1991).
- COSTA JUNIOR, José Reginaldo Gomes da; SILVA, Aline Costa da; BRITO, Antonia Vamilis da Silva. **Software Modellus: uma ferramenta didática da modelagem Matemática no ensino/aprendizagem de Física**. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA. O Ensino de Física nos últimos 40 anos: balanços, desafios e perspectivas. São Paulo, 2013.
- www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T1003-1.pdf
- Acessado em: 10 de mar. 2020.
- DA SILVA, ROGÉRIO, AND RITA DE CÁSSIA FRENEDOZO. **"Mudanças e simplificações do saber científico ao saber a ensinar: uma análise da transposição didática do ciclo do nitrogênio em livros didáticos de biologia do ensino médio."** (2009).

DA SILVA, EDILENE, ANA CRISTINA PC DE ALMEIDA, AND JOSÉ MESSILDO VIANA NUNES. "As características praxeológicas dos professores de física no processo de transposição didática do tema aquecimento global/The praxeological characteristics of physical teacher in the global heating teaching transposition process." *Brazilian Journal of Development* 5.12 (2019): 31622-31636.

DEMO, P. **Habilidades e competências no século XXI.**

DIRCEU D'ALKMIN TELLES , JOÃO MONGELLI NETO. **Física com Aplicação Tecnológica - Vol. 2 Oscilações, Ondas, Fluidos e Termodinâmica**, 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher,2013.

DOS SANTOS, Iranéia Campos. **Aplicação da astronomia ao ensino de física e biologia**. 2017. 144f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Física) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2018.

FERNANDES, A. C. P. et al. **Efeito Doppler com tablet e smartphone**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, 2016.

FOUREZ, GÉRARD. "Crise no ensino de ciências?" *Investigações em ensino de ciências* 8.2 (2016): 109-123.

MACHADO, Kleber Daum. **Equações diferenciais aplicadas**. Ponta Grossa: TODAPALAVRA Editora, 2012

MEDEIROS, A. & MEDEIROS, C. F. D. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n.2, p.77-86, 2002.

MELO, ANA CAROLINA STAUB DE. "Transposição Didática do modelo de Huygens: uma proposta para a física escolar." (2012).

MOL, SOLANGE MARIA; MATOS, DANIEL ABUD SEABRA. **Uma análise sobre a Taxonomia SOLO: aplicações na avaliação educacional**. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 30, n. 75, p. 722-747, 2020.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1a ed. São Paulo, Livraria da Física, (2011).

NUSENVEIGH, M. **Um curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e ondas, Calor**, 5ª ed. São Paulo Editora Blucher, 2013.

RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO. **Os Fundamentos da Física, Vol. 02**, 10ª Ed. Editora Moderna.

SANTOS, J. C. F. dos. **Aprendizagem significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor**. 5a ed. Porto Alegre: Mediação, (2013).

SILVA, Edilene da Silva. "A transposição didática no ensino de física: o aquecimento global como objeto de estudo." (2013). Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica.

VEIT, ELIANE ANGELA, AND VITOR DUARTE TEODORO. "Modelagem no ensino: aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio." *Revista brasileira de ensino de Física* 24.2 (2002): 87-96.

TAYLOR, J. R., **Mecânica clássica**, 1ª ed. Porto Alegre, Editora: Bookman 2013.

TEIXEIRA ANDRÉA, AND SONIA KRAPAS. "Reflexões sobre a transposição didática da lei de coulomb." *Enseñanza de las Ciencias Extra* (2005): 1-5.

TORRESAN, DANIELA DE CÁSSIA MORAES. "O Uso do Software de Simulação Modellus na Conceitualização de Derivada: Experiências de Ensino-Aprendizagem com base em Vergnaud." *Teses e Dissertações PPGECIM* (2014).

THORNTON, Stephen T.; MARION, Jerry B. **Dinâmica clássica de partículas e sistemas**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

YOUNG, H. D. & FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**, 10ª ed. São Paulo: Editora Pearson, 2003.

APÊNDICES

*Oscilador Harmônico Amortecido*³– OHA *Apêndice A*

Na seção, consideramos um oscilador harmônico simples sem estar sujeito a nenhuma força dissipativa. Consideraremos à parti de agora um oscilador harmônico sujeito a uma força dissipativa proporcional à velocidade.

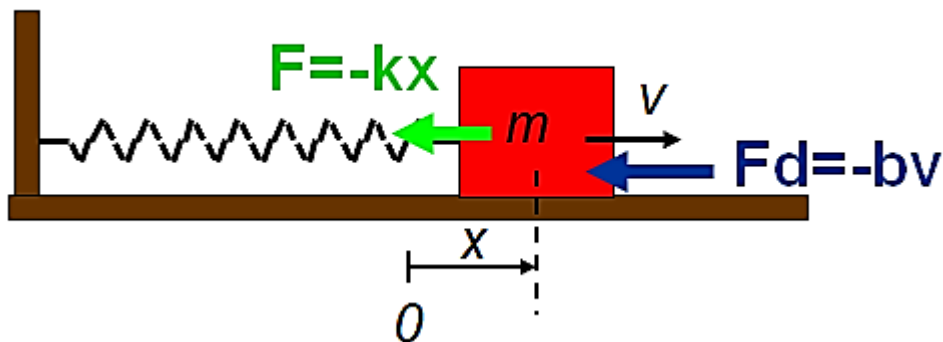


Figura 24:Oscilador Harmônico Amortecido

Como se vê na figura, na direção x o oscilador está sujeito a duas forças: a força restauradora da mola e a força de atrito dissipativa. Como existe uma força de atrito, este sistema não deve ter uma energia mecânica constante, pois existe dissipação. O sistema perde energia continuamente e, como o atrito é proporcional à velocidade, enquanto ele se mover haverá perda de energia. Assim, o OHA tende a um estado em que sua velocidade é nula, e ele permanece neta situação até que algum agente externo lhe transfira energia, o que fará com que ele se movimente de novo, quando o processo de dissipação se reiniciará. Está é uma descrição física qualitativa do modo do OHA. Fazendo agora uma descrição quantitativa.

Pela segunda lei, a resultante das forças que agem sobre o OHA é

$$F = -kx - bv = ma$$

na forma diferencial

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - b \frac{dx}{dt}$$

Podendo ser reescrito como

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + kx = 0$$

Definindo

³ Veja Machado (2012)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

e, além disso, para o OHA, temos também

$$\frac{b}{m} = 2b$$

fazendo, as devidas substituições, a equação diferencial fica

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2b \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$$

A equação tem coeficientes constantes, e sua equação característica fica

$$m^2 + 2bm + \omega_0^2 = 0$$

As raízes são dadas por

$$m_{1,2} = \frac{-2b \pm \sqrt{4b^2 - 4\omega_0^2}}{2} = -b \pm \sqrt{b^2 - \omega_0^2}$$

que se desdobram em

$$m_1 = -b + \sqrt{(b^2 - \omega_0^2)}$$

$$m_2 = -b - \sqrt{(b^2 - \omega_0^2)}$$

As raízes dadas por podem ser complexas, reais e distintas, ou reais e iguais, dependendo do valor do termo dentro da raiz quadrada. Iremos analisar três casos separadamente.

I Raízes Complexas

Se o termo for negativo, então as raízes em serão complexas. Para este caso, é útil definir

$$\omega^2 = \omega_0^2 - b^2$$

de modo que as raízes se tornem

$$m_1 = -b + \sqrt{(b^2 - \omega_0^2)} = -b + \sqrt{-\omega^2} = -b + i\omega$$

$$m_2 = -b - \sqrt{(b^2 - \omega_0^2)} = -b - \sqrt{-\omega^2} = -b - i\omega$$

e assim, a solução da equação diferencial, para este caso, é composta pelas seguintes funções

$$f_1(t) = e^{(-b+i\omega t)}$$

$$f_2(t) = e^{(-b-i\omega t)}$$

Para reescrever a solução na forma de senos e cossenos, utilizaremos a fórmula de Euler

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \operatorname{sen} \theta$$

Substituindo na solução

$$f_1(t) = e^{(-b+i\omega t)} = e^{-bt} e^{i\omega t} = e^{-bt} [\cos(\omega t) + i \operatorname{sen}(\omega t)]$$

$$f_2(t) = e^{(-b-i\omega t)} = e^{-bt} e^{-i\omega t} = e^{-bt} [\cos(\omega t) - i \operatorname{sen}(\omega t)]$$

Utilizando as soluções para formar a solução geral

$$X = c_1 e^{-bt} [\cos(\omega t) + i \operatorname{sen}(\omega t)] + c_2 e^{-bt} [\cos(\omega t) - i \operatorname{sen}(\omega t)]$$

ou

$$x = e^{-bt} [(c_1 + c_2) \cos(\omega t) - i(c_1 - c_2) \operatorname{sen}(\omega t)]$$

Se tornou

$$x = e^{-bt} [a_1 \cos(\omega t) + a_2 \operatorname{sen}(\omega t)]$$

Definindo as constantes a_1 e a_2

$$a_1 = A \cos \delta$$

$$a_2 = A \operatorname{sen} \delta$$

Tornando, finalmente

$$x = A e^{-bt} \cos(\omega t - \delta)$$

II Raízes Reais e Distintas

Quando $b^2 - \omega_0^2$ é positivo, então a raiz quadrada em resulta num número real. Vamos definir, neste caso

$$\omega^2 = b^2 - \omega_0^2$$

e então, as raízes ficam

$$m_1 = -b + \omega$$

$$m_2 = -b - \omega$$

e as funções que formam a solução são

$$f_1(t) = e^{(-b+\omega)t} \quad f_2(t) = e^{(-b-\omega)t}$$

E a solução geral é

$$x(t) = c_1 e^{(-b+\omega)t} + c_2 e^{(-b-\omega)t}$$

Que pode ser reescrita como segue:

$$x(t) = c_1 e^{-bt} e^{\omega t} + c_2 e^{-bt} e^{-\omega t}$$

Ou, finalmente como:

$$x(t) = e^{-bt} [c_1 e^{\omega t} + c_2 e^{-\omega t}]$$

III Raízes Reais e Iguais

O último caso relevante ocorre quando $b^2 = \omega_0^2$, ou seja, quando as raízes da são reais e iguais

$$m_1 = m_2 = -b$$

Nesse caso, temos em vista que o conjunto das funções que formam as soluções devem ser linearmente independentes, tornando-se a assim

$$f_1(t) = e^{-bt} \quad f_2(t) = te^{-bt}$$

De modo que a solução geral fica

$$x(t) = c_1 e^{-bt} + c_2 t e^{-bt}$$

ou, finalmente

$$x(t) = e^{-bt}(A + bt)$$

APÊNDICE – B

Efeitos das forças de Retardo⁴

A F da equação de Newton não é necessariamente constante e, na realidade, podendo consistir em várias partes distintas. Por exemplo, em uma queda livre de uma partícula em um campo gravitacional constante, a força gravitacional é $F = mg$, onde g é a aceleração da gravidade. Contudo, se uma força de retardo Fr , existe e é alguma função da velocidade instantânea, a força total será

$$F = Fg + Fr$$

Com frequência, é suficiente considerar que $Fr(v)$ é proporcional a alguma potência da velocidade. As forças de retardo *reais* são mais complexas, entretanto a aproximação da lei da potência é útil em situações nas quais a velocidade não varia muito. Especificamente se $Fr(v) \propto v^n$, a equação de movimento poderá normalmente ser integrada de forma direta, porém, se fossemos utilizar a dependência da velocidade real, é esperado que fosse utilizado uma integração numérica. Com a aproximação da lei da potência, podemos escrever

$$F = mg - mkv^n$$

Onde k é uma constante positiva que especifica a intensidade da força de retardo. Experimentalmente foi constatado, que para objetos pequenos se movendo no ar, $n \cong 1$ para velocidades menores que $24m/s$. Para velocidades mais altas a força de retardo é aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade.

O movimento de partículas em um meio foi estudado por Newton, Bernoulli e Stokes. Este último, George Gabriel Stokes descreve a relação entre a força de atrito de uma esfera que se move em um líquido e outras grandezas (como raio da partícula, velocidade da partícula), podendo descobrir assim o coeficiente de viscosidade η do fluido na seguinte expressão

$$\eta = \frac{2gr^2(\rho_e - \rho_f)}{9v_t}$$

v_t é a velocidade terminal da esfera

r é o raio da esfera

g é a aceleração da gravidade,

ρ_e é a densidade da esfera

ρ_f é a densidade do fluido.

⁴ Veja Thornton (2011)



MATERIAL INSTRUCIONAL PARA O PROFESSOR

O ENSINO E APRENDIZAGEM DE OSCILAÇÕES POR MEIO DO SOFTWARE MODELLUS

EDMILSON SOUSA FIHO

Manaus-AM

2020

Introdução

O intuito do nosso trabalho é possibilitar um estudo continuado individual e profissional, para os docentes e discentes, principalmente na área do ensino computacional. Elaboramos este manual falando das principais funções do software educacional que nos ajudaram a elaborar e pôr em prática o ensino de oscilações que desejamos no início. Sabemos que o presente produto educacional não é completo, contudo, incentivamos que é um excelente pontapé inicial para a utilização em sala de aula

O *Modellus* é um programa de modelagem matemática, desenvolvido especialmente para ser um agente facilitador do ensino-aprendizagem. Com ele, alunos e professores podem criar e explorar modelos matemáticos aplicáveis a muitos fenômenos naturais. Os modelos podem ser formulados de muitas maneiras – relações funcionais, equações diferenciais, equações iterativas – e são introduzidos no programa utilizando-se a mesma linguagem empregada nos livros e salas de aula. Para usar o *modellus*, os estudantes não precisam aprender uma linguagem de programação nem se familiarizar com metáforas computacionais pouco comuns.

Uma das principais características do *modellus* é que ele permite explorar múltiplas representações do objeto que está sendo estudado. Num único ambiente, pode-se apresentar o mesmo objeto sob diferentes perspectivas. Fórmulas, gráficos, tabelas, vetores e animações são algumas das possibilidades. A capacidade de apresentar e manipular visões diferentes e complementares de uma mesma ideia dá ao usuário do *modellus* a oportunidade de desenvolver uma intuição sobre o que está sendo estudado, facilitando a criação e fixação de modelos mentais apropriados.

Existem duas maneiras de se usar o *modellus* em atividades de ensino-aprendizagem: a exploratória e a expressiva. Na primeira, os estudantes utilizam modelos e representações desenvolvidos por outras pessoas (seus professores, por exemplo) para estudar o assunto de interesse, tipo uma “receita de bolo”, o problema, as hipóteses, o plano de trabalho e as próprias conclusões sobre os dados a serem obtidos já estão propostos, neste tipo de atividade, o *modellus* é usado basicamente como um programa de simulação, com o qual os alunos interagem apenas por meio da escolha de dados de entrada, que muitas vezes também são sugeridas pelo próprio professor, cabendo ao aluno muitas vezes apenas mudar a forma como quer ver o fenômeno, por meio do gráfico, tabelas ou animações.

No modo expressivo, os estudantes constroem seus próprios modelos e determinam a maneira de representar seus resultados. Aqui, o *modellus* assume o papel de ferramenta de modelagem, que dá ao estudante amplo espaço de exploração e intervenção. Também é possível adotar uma combinação dos dois métodos, por exemplo, propondo que os alunos modifiquem modelos criados pelos professores, adaptando-os a novas situações.

2 - As janelas do *Modellus*.

O layout do *Modellus*, ao ser iniciado, está mostrado na figura 1. Uma janela é aberta, intitulada *Modellus – Novo Documento*. A janela principal contém outras janelas:

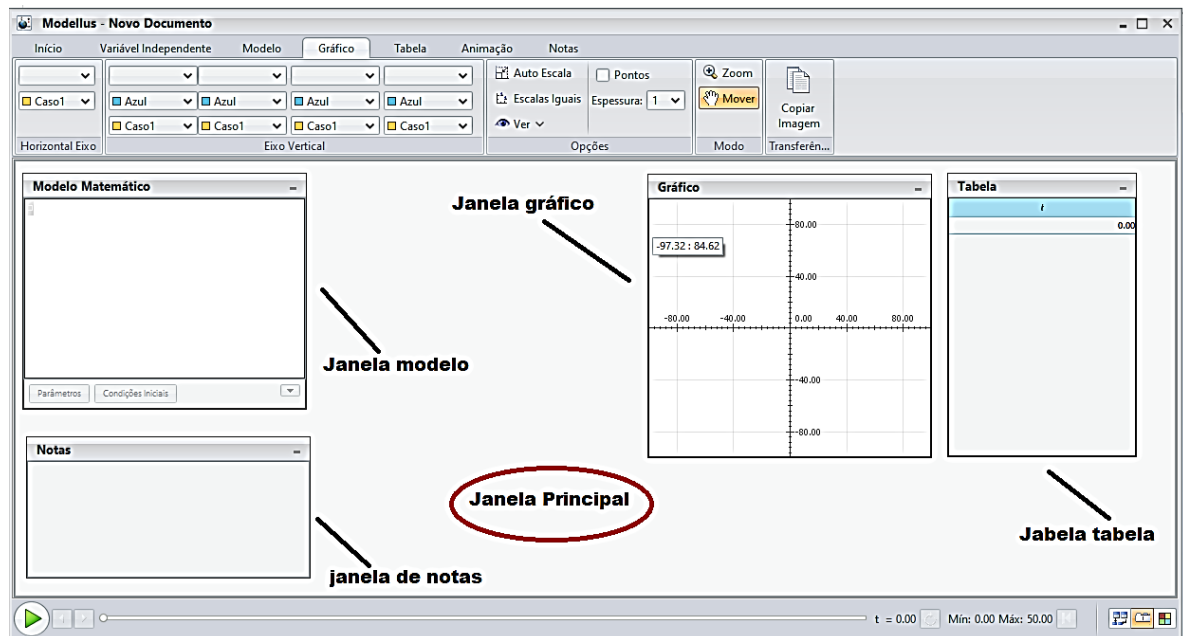


Figura 1: Janela Principal do *Modellus*.

- Modelo matemático, onde você escreve as funções ou equações que deseja estudar.
- Play, usada para executar a simulação baseada em seu modelo. Só apertamos o play, quando o modelo matemático está completo.
- Gráfico, para fazer gráficos das quantidades definidas no modelo.
- Animação, onde são criadas as animações associadas ao modelo estudado. Também permite a inserção de figuras, fotos e vídeos.
- Tabelas, onde são descritas em formas numéricas detalhadas as grandezas estudadas dos fenômenos, os dados da tabela também podem ser extraídos para um uso eventual que o autor achar útil.
- Notas, para escrever comentários sobre o modelo e a simulação, muito útil quando abrirmos uma simulação pronta e queremos entender do que se trata.
- Condições iniciais, onde os parâmetros e condições iniciais são inseridas. Um detalhe importante é que ela só é aberta quando não definidos os parâmetros.

É possível se exibido pelo gráfico simultaneamente até quatro casos diferentes, incluindo as variáveis estudadas, mostraremos como fazer isto mais adiante. O mesmo pode ser feito com as janelas do tipo Animação e Tabela.

3 - Funções e Gráficos

Gráficos de funções matemáticas são um bom começo para a aprendizagem do *Modellus*. Consideremos, por exemplo, uma partícula movendo-se com velocidade constante de $7m/s$. Seu deslocamento s após um tempo t é dado pela função $s = 7t$. Para representar este movimento em um gráfico, abra o *modellus* e escreva a relação entre s e t na janela modelo, como mostra a figura 2.

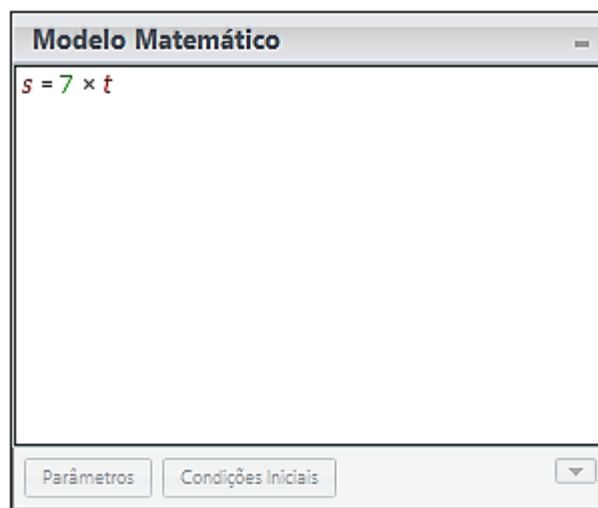


Figura 2: Função horaria do espaço $s = 7t$ escrito na janela modelo matemático.

O sinal da multiplicação (X) que aparece na expressão matemática da figura pode ser inserido de duas maneiras: usando a tecla de espaço em branco ou o asterisco (*).

Após isso, o *modellus* vai “compreender” nossa função. Isto é feito clicando no botão Interpretar, que está no alto da janela modelo. Se tudo estiver correto, ou seja, se o *modellus* tiver entendido o que foi escrito, a mensagem “modelo interpretado” ou “modelo Ok”, aparecerá na parte inferior da janela.

Ao lado da janela modelo, tem outra janela, com o nome gráfico. É nela que será traçado o gráfico $s(t)$. Seu tamanho e posição podem ser definidos e ajustados para uma visualização melhor clicando no botão *auto escala* (figura 3), depois clique o botão de início (está com a seta verde), o resultado do gráfico se encontrara na figura 4.

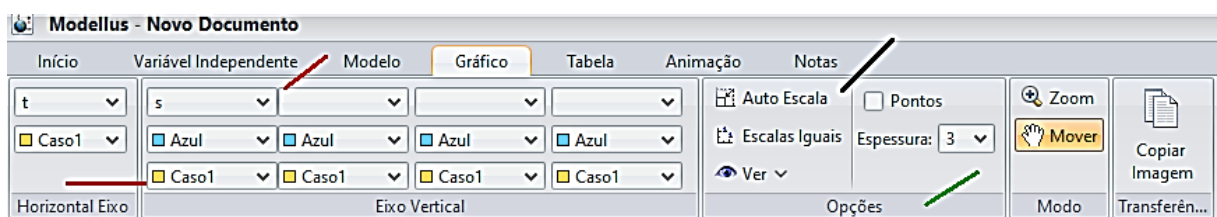


Figura 3: Configurações da janela gráfico, a linha preta indica o botão de auto escala, a linha verde a espessura da linha e a linha vermelha indica onde podemos mudar os casos e as variáveis estudadas

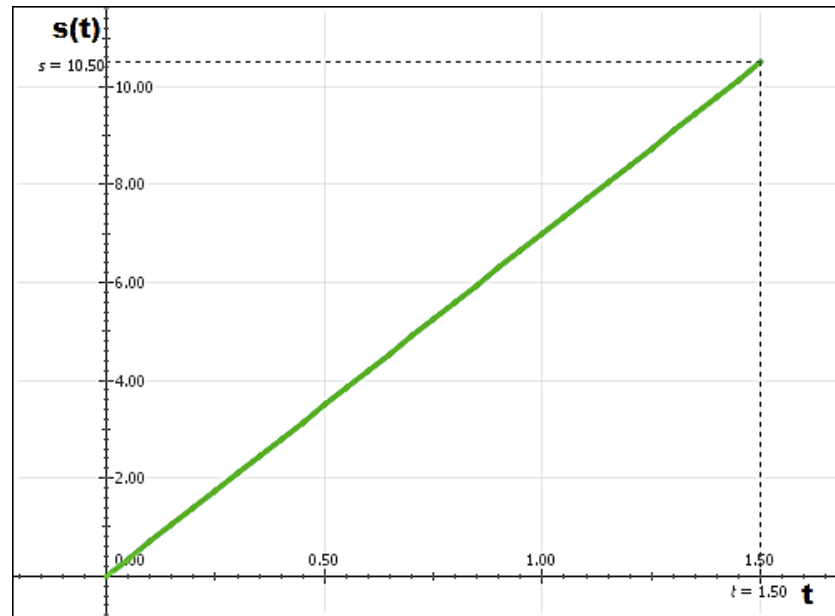


Figura 4: Gráfico da função $s = 7t$.

4 - Parâmetros

Podemos escrever a função horária do espaço do Movimento Uniforme (M.U) da nossa partícula de uma forma geral, como $s = s_0 + vt$, onde s_0 é a posição em $t = 0$ e v é a velocidade. Escrevendo esta relação na janela modelo, no lugar da função horária anterior $s = 7t$. O resultado deve ser algo como o que está na figura 5.

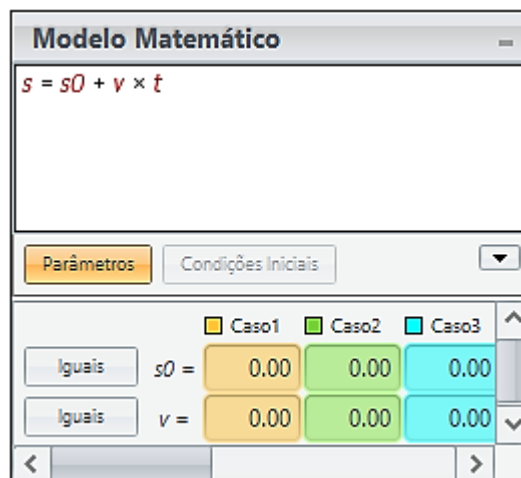


Figura 5: Função horária do espaço do M.U exigindo os parâmetros.

Após clicar no botão Interpretar, observamos que uma nova janela, chamada parâmetros, é criada pelo *modellus*. O aspecto dessa janela está mostrado na figura 5. Nela, podemos especificar os parâmetros s_0 e v (note que no início todos os valores são zero). Coloque, por exemplo, $s_0 = 10$ e $v = -1$ nas caixas correspondentes e trace o gráfico. O resultado está mostrado na figura 6.

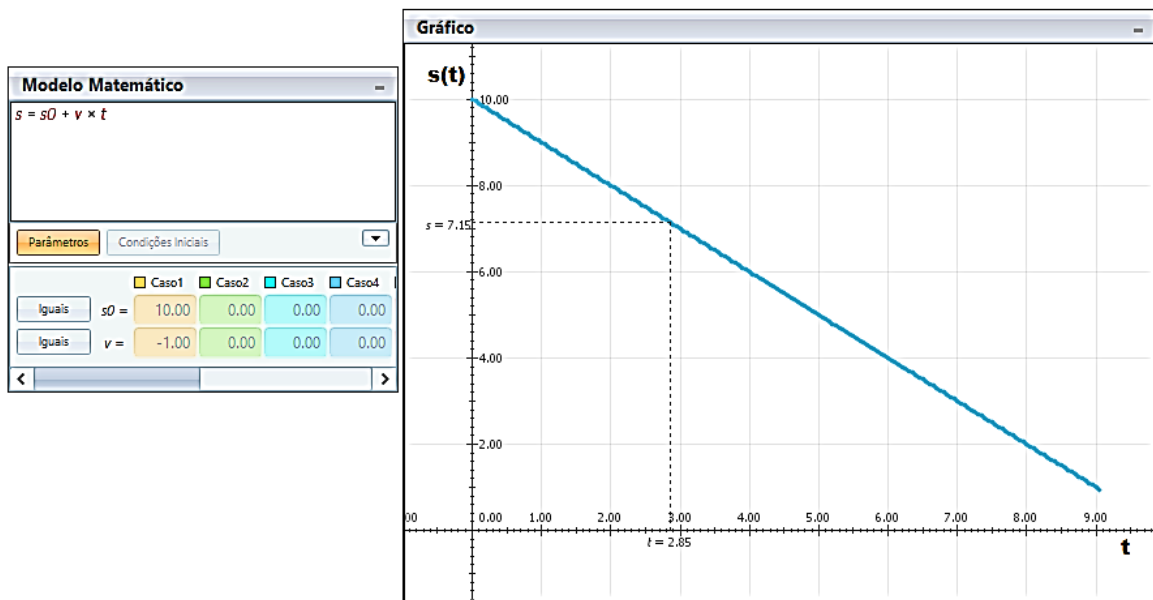


Figura 6: Gráfico da função acima.

4.1 Condições Iniciais e Casos

Uma das vantagens de se usar a janela *Condições Iniciais* é que não precisamos reinterpretar o modelo a cada mudança em um parâmetro. Outra vantagem é que podemos criar várias instâncias do modelo, com valores diferentes dos parâmetros. Essas instâncias são chamadas *Casos* pelo Modellus. Observe que os valores que já escolhemos, $s_0 = 10$ e $v = -1$ estão identificados como caso 1 na janela *Condições Iniciais*. Para criar um novo caso, vá para a barra de menu e clique *Caso/Adicionar*. Uma nova coluna, marcada como caso 2, aparece na janela *Condições Iniciais*.

Inicialmente, os parâmetros do caso 1 são colocados automaticamente no caso 2. Mude os valores do novo caso para, por exemplo, $s_0 = 5$ e $v = 1$. Note também que a janela *Gráfico* foi modificada: no alto, à esquerda, onde está escrito “Casos”, existem agora duas caixinhas (antes, só havia uma). Se a primeira está marcada, o gráfico do *caso 1* é feito. Escolhendo a segunda, o *caso 2* é desenhado. Marque as duas caixas, de modo que os dois casos apareçam simultaneamente no gráfico, e inicie o desenho. O resultado deve ser parecido com a Figura 7

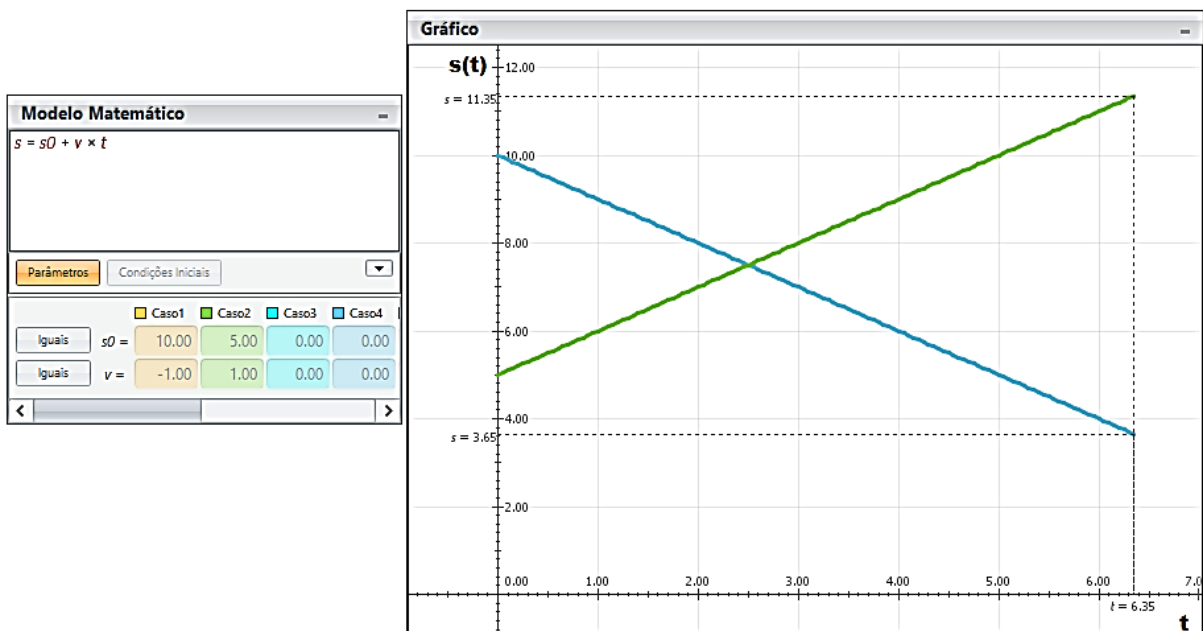
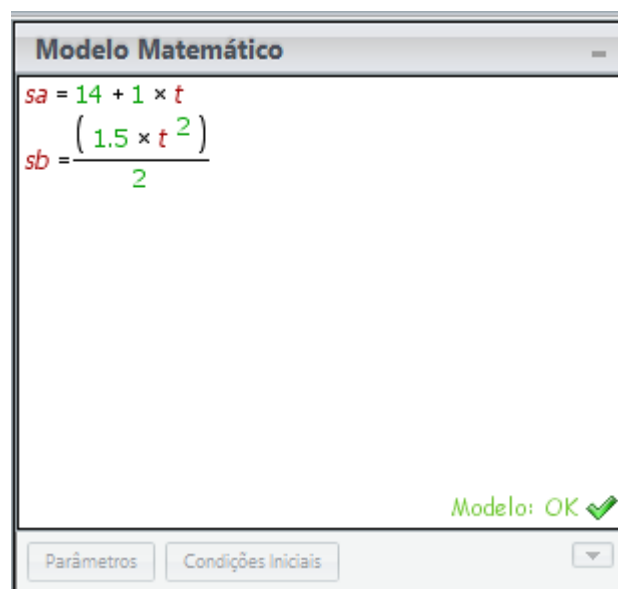


Figura 7: Usando os parâmetros podemos representar vários casos.

5 - Animando o Movimento

A não visualização do fenômeno é uma das principais queixas do aluno, frases como “abstrato” ou ter que “imaginar demais”, a possibilidade de ver o modelo por gráfico ou tabela tem a sua contribuição, contudo, a fraqueza de uma leitura ou interpretação de dados numéricos por meio do gráfico ou tabela é evidente para maioria dos alunos, levando o docente a ter que “mostrar” realmente o que está acontecendo.

Um dos exemplos, que iremos utilizar é uma simulação ainda da cinemática, que envolve a ultrapassagem de veículos. Consideramos um carro A com velocidade constante a um determinado espaço inicial e outro carro B com aceleração constante positiva, sendo seu espaço inicial igual a zero e sua velocidade também igual a zero. A pergunta que pode ser feita logo em seguida é, *em quanto tempo o carro B alcança o carro A?* Inserimos as funções horárias que regem os dois carros no modelo matemático que pode ser visto na figura 8.



The image shows a software window titled "Modelo Matemático". Inside the window, two equations are displayed:

$$s_a = 14 + 1 \times t$$

$$s_b = \frac{1.5 \times t^2}{2}$$

At the bottom right of the window, there is a status indicator that says "Modelo: OK" with a green checkmark. At the bottom left, there are two buttons: "Parâmetros" and "Condições Iniciais".

Figura 8: Função horária que rege os dois carros (A e B).

Logo em seguida vamos na janela animação, clicando em partícula e depois na parte em branco da janela que surgira uma série de objetos (figura 9) que podem ser usados, por ser um assunto da cinemática escolheremos dois carros distintos para representar o *carro A* e o *carro B*, um detalhe importante, ao querer escolher mais um carro, teremos que seguir de volta todo processo novamente, janela animação, depois em partícula e assim sucessivamente. Feito isto duas vezes, ao clicar no objeto da animação que é o carro, podemos definir as variáveis ou variável que ele estará sujeito em cada eixo do movimento figura 10.



Figura 9: Objetos que podem ser usados para as simulações.

Figura 10: Pode se notar que o carro A está um pouco distante do carro B, isto acontece, devido o carro A ter uma posição inicial 14 m a frente do carro B.

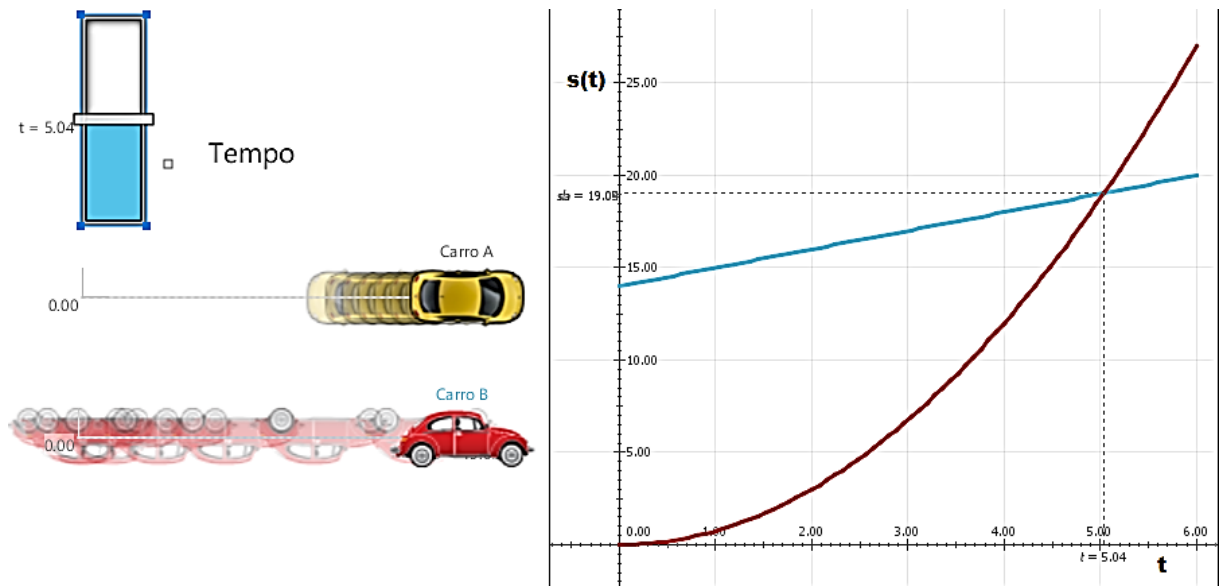


Figura 11: Momento exato que o carro B alcança o carro A, o momento da ultrapassagem está sendo exposto por meio do gráfico e animação.

6 - Oscilador Harmônico

Dinâmica Newtoniana no *Modellus*.

Na mecânica clássica uma partícula é regida pela segunda lei de Newton:

$$F = ma$$

onde F é a força que atua sobre a partícula, onde m e a são a sua massa e aceleração. A força F pode depender da posição x da partícula, da velocidade $v = dx/dt$ e do tempo t ; em linguagem matemática, $F = F(x, v, t)$. Por simplificação, estamos supondo que o movimento se dá em uma dimensão da coordenada x . Como a aceleração é $a = dv/dt = d^2x/dt^2$, a lei de Newton é uma equação diferencial de segunda ordem (equação de movimento da partícula)

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{m} F\left(x, \frac{dx}{dt}, t\right)$$

A solução dessa equação é $x(t)$, a função que dá à posição da partícula em função do tempo. No entanto o *modellus* não opera diretamente com equações diferenciais de segunda ordem, de modo que não podemos usa-lo para resolver a equação de movimento – pelo menos não na forma como ela está escrita. Entretanto, reescrever a segunda lei de Newton como um par de equações diferenciais de primeira ordem:

$$\frac{dx}{dt} = v$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{m} F(x, v, t)$$

Essa forma é equivalente à anterior e usa apenas derivadas simples- portanto ela pode ser programada e resolvida no *modellus*. No nosso trabalho, focamos nosso uso no oscilador harmônico nos mais variados casos e aplicações.

Um questionamento que o docente pode fazer, é sobre o uso de equações diferenciais em vez do uso das funções horárias do que regem um M.H.S, uma das respostas é que no futuro quando envolvermos o uso do atrito não precisaremos mudar radicalmente a equação original que estávamos usando no M.H.S sem atrito, e além do mais, estamos mais preocupados com a compreensão do aluno do fenômeno do que focar exclusivamente no aprendizado e memorização de uma equação a mais.

6.1 Oscilador harmônico simples

Osciladores harmônicos são bastante comuns, e geralmente o estudo de oscilações tem início por idealizar um sistema que está vibrando com pequena amplitude em torno de um ponto de equilíbrio, executando um movimento harmônico. O protótipo de oscilador harmônico é o sistema massa-mola, em que uma partícula de massa m está presa a uma mola ideal, perfeitamente elástica. A força que a mola faz sobre a partícula é dada pela *lei de Hooke*:

$$F = -kx$$

em que x é o deslocamento da partícula (relativo ao ponto de equilíbrio, onde $F = 0$) e k é a “*constante elástica*” da mola. Para estudar o oscilador harmônico com o *modellus*, vamos primeiro escrever as equações de movimento na janela Modelo, na maneira mostrada na Figura 12.

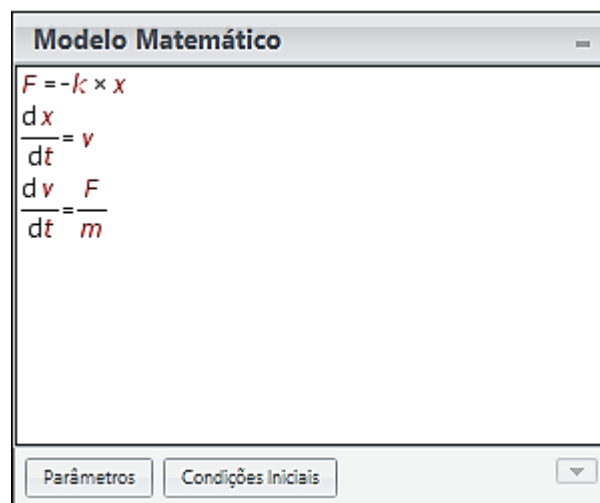


Figura 12: Par de equações diferenciais do oscilador harmônico.

Interprete o modelo e, na janela Condições Iniciais, defina $m = 2, k = 2, x(0) = 0$ e $v(0) = 2$. Execute a simulação e observe o gráfico de $x(t)$, que deve ser semelhante ao que está na Figura 13.

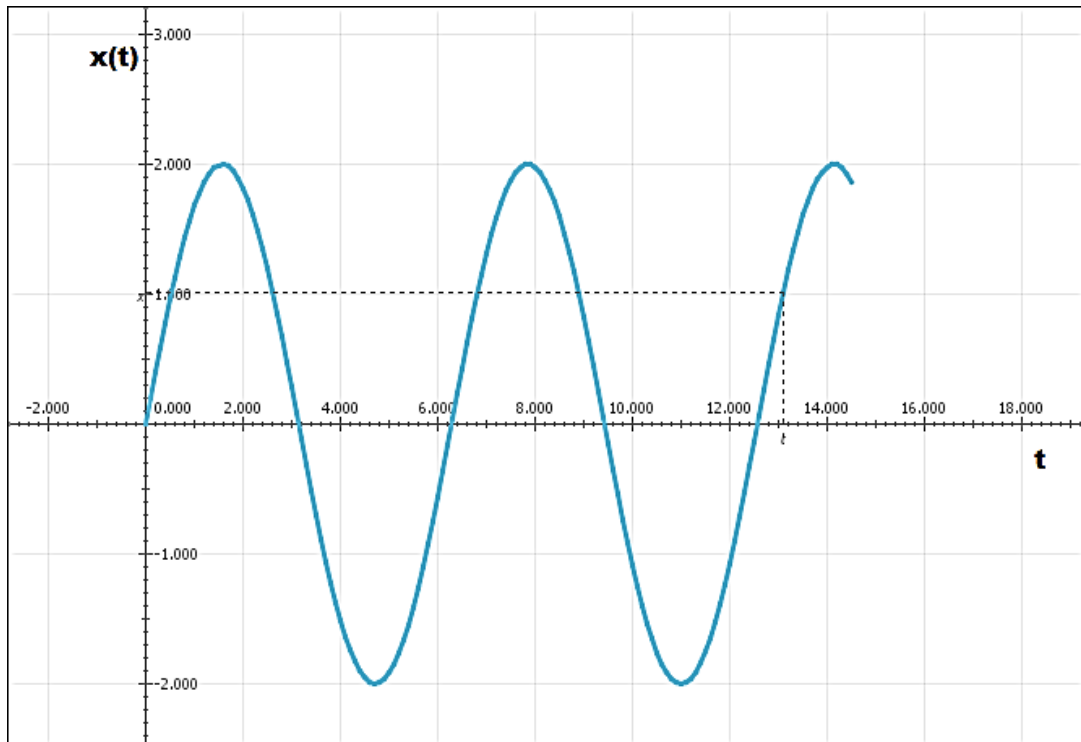


Figura 13: Gráfico da função $x(t)$.

Podemos observar como o sistema oscila com período e amplitude bem definidos. Uma pergunta importante e investigativa: *O período das oscilações depende da amplitude?* Para investigar essa questão, o aluno poderá criar novos casos com os mesmos k e m (ou seja, é o mesmo oscilador) e condições iniciais que gerem amplitudes diferentes. Um exemplo está na Figura 15 na qual definimos dois novos casos mudando a velocidade inicial. A Figura 16 mostra o movimento da partícula nos três casos. Observe que, embora a amplitude de oscilação mude bastante de um caso para outro, o período permanece igual.

		Condições Iniciais				
		Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5
Iguais	$k =$	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Iguais	$m =$	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Figura 14: Dados da constante elástica da mola k e da massa m sendo iguais para ambas as funções.

Parâmetros		Condições Iniciais		
		Caso1	Caso2	Caso3
Iguais	$x =$	0.000	0.000	0.000
Iguais	$v =$	1.000	2.000	3.000

Figura 15: A posição inicial x é igual para ambos, contudo as velocidades para cada função são diferentes

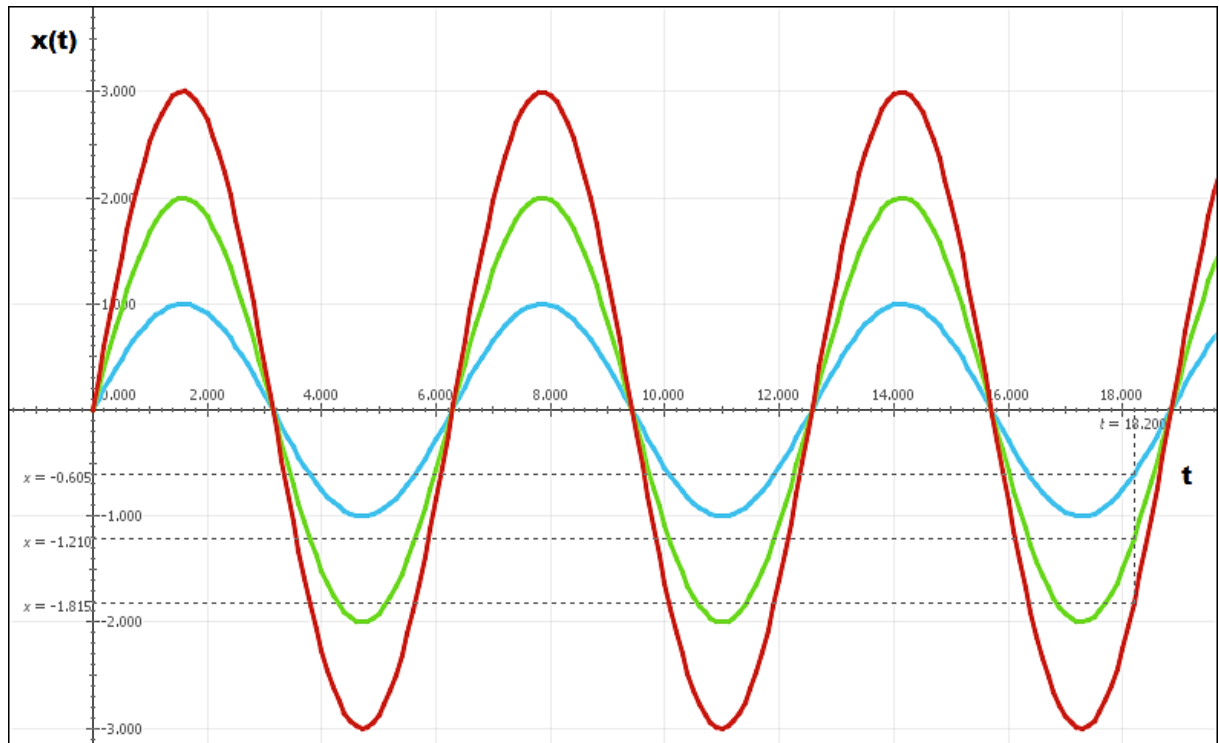


Figura 16: Movimento nos três casos definidos.

Os resultados da Figura 16 mostram ser interessante, podendo ser abordado em sala de aula, sobre o oscilador harmônico: o período não depende da amplitude do movimento. É claro que a observação dos três exemplos não constitui uma demonstração formal, mas a conclusão de que o período independe da amplitude é bem razoável. Se o oscilador harmônico tem um período característico, a próxima pergunta relevante é: *Quanto vale esse período?* A resposta está na Figura 17, em que fizemos um *zoom*, utilizando a ajuda de uma tabela, sobre o final do primeiro ciclo mostrado na Figura 16. Vemos que as três curvas saem de $x = 0$ e, após uma oscilação completa, passam novamente por esse ponto exatamente no mesmo instante. Esse é o período da oscilação, e a Figura 17 mostra que ele vale $T \approx 6,28$ s.

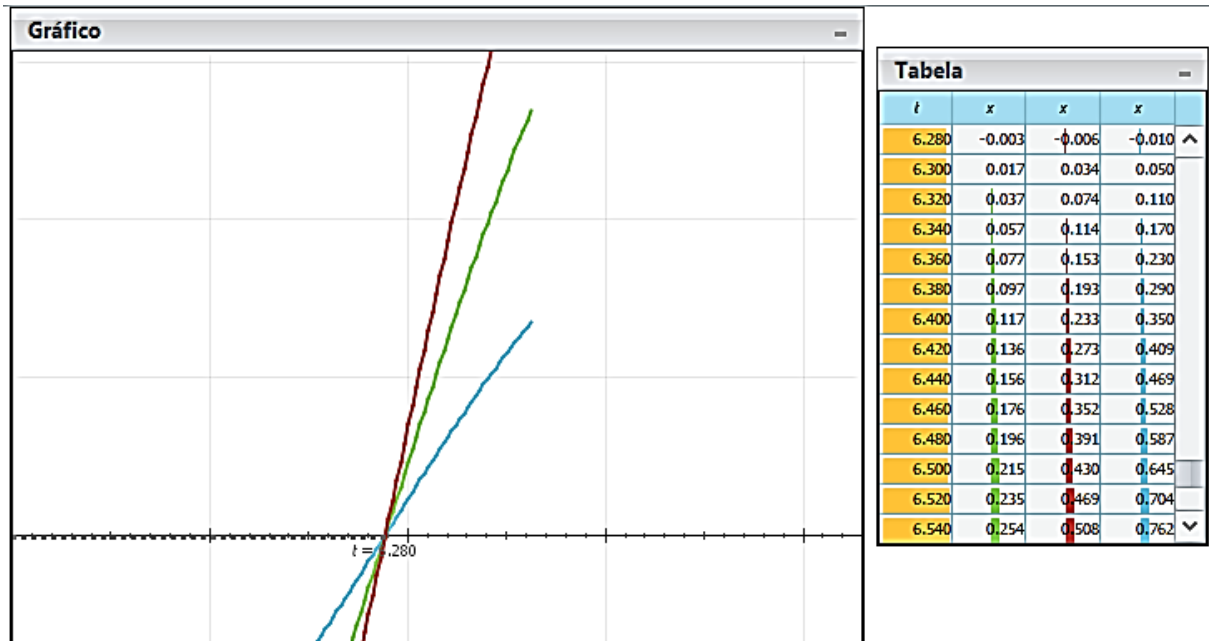


Figura 17: zoom aplicado no gráfico, o botão de zoom no lado direito do botão auto escala.

Esta conclusão pode servir futuramente para a ênfase do que foi ensinado ou do que vai ser ensinado em sala de aula, a equação do período de um M.H.S é definido como

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Observando a equação acima não se encontra as variáveis como amplitude e velocidade como dependentes do período de um sistema M.H.S, cabendo então aos alunos conseguirem observar e provar isto, por meio de uma atividade investigativa, ou ao professor explicar diretamente na sala de aula.

6.2 A energia no Movimento Harmônico Simples

A energia do oscilador harmônico é a soma das energias cinética $E_c = mv^2/2$ e $E_p = kx^2/2$ potencial. Inserindo o cálculo das duas energias no mesmo modelo inicial que projetamos, ou seja, não mudamos o par de equação diferenciais do início, podemos observar o seu comportamento como está na Figura 18, e verificar como elas se comportam.

Modelo Matemático

$$F = -k \times x$$

$$\frac{dx}{dt} = v$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}$$

$$E_c = \frac{(m \times v^2)}{2}$$

$$E_p = \frac{(k \times x^2)}{2}$$

$$E_{total} = E_c + E_p$$

Figura 18: Cálculo da energia no modelo de oscilador harmônico.

Com essa mudança, podemos fazer os gráficos das energias cinética e potencial em função do tempo. Os resultados estão na figura. A figura 19 mostra os gráficos da energia cinética, potencial e da energia total em função do tempo. Nela, vemos que a energia potencial está defasada em relação a cinética (e vice versa). A energia total é constante e igual aos valores máximos do potencial e da cinética. Outro exemplo que podemos usar para consolidar a ideia de que a energia mecânica é conservada quando o atrito, é desprezível é no modelo, do lançamento oblíquo de uma partícula no vácuo.

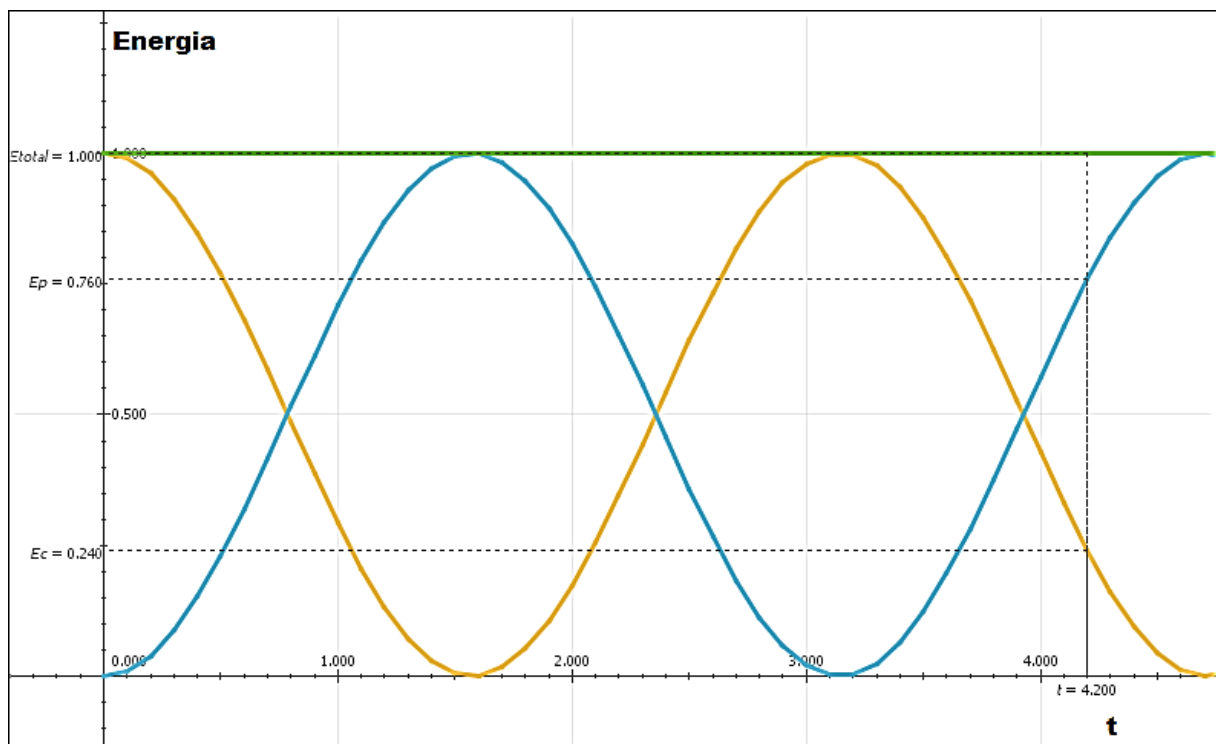


Figura 19: A linha verde representa a energia potencial elástica, enquanto a azul representa a energia cinética, e assim, a linha vermelha representa a energia mecânica total que é a soma das duas energias, mostrando assim sua conservação durante o movimento sem atrito

6.3 Animação do M.H.S

Uma maneira de apresentar o M.H.S sem ser pelo gráfico é criar uma animação onde se ilustra a conservação de energia do M.H.S, assim como acrescentando vetores que mostram as grandezas vetoriais como força elástica, velocidade e aceleração. Vamos na janela animação (figura 20), apertando o botão indicador de nível e clicando em seguida em um ponto interior da janela. Um objeto em formato de barra será criado, automaticamente acima, sugira uma janela com as configurações desse objeto (figura 21). Para a definição das propriedades, sugerimos que siga o modelo da figura, o nível da barra é dado pela energia cinética, os valores mínimo e máximo são 0 e 10, a energia cinética varia de 0 a 2, e etc. Repetindo o procedimento anterior, crie mais duas barras: uma representando a energia potencial e a outra, a energia total, apenas modificando a cor que vai representar cada energia. O resultado deve ficar parecido com o que está na figura. Ao executar a simulação, os “níveis” de energia sobem e descem enquanto a energia total permanece estável.

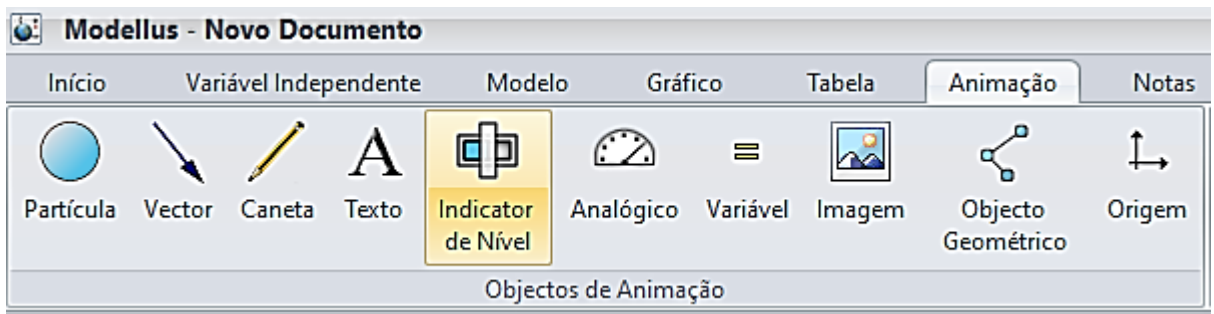


Figura 20: Selecionando o indicador de nível

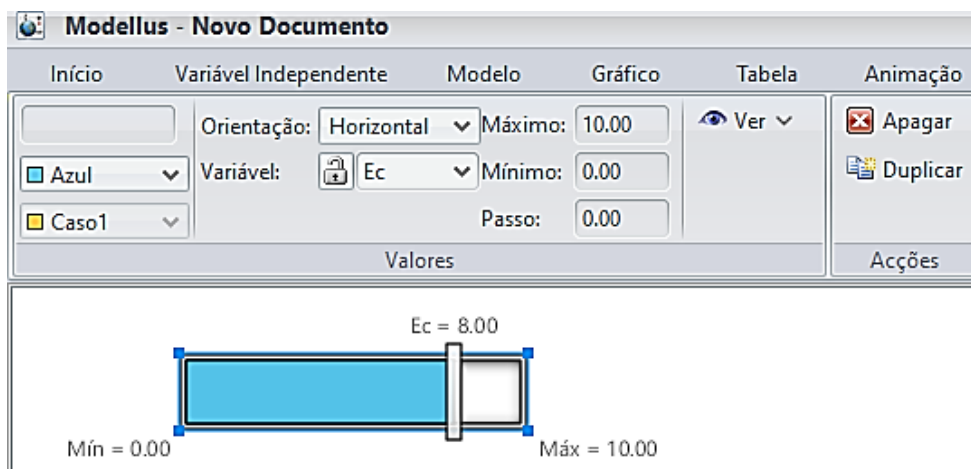


Figura 21: Configuração do indicador de nível

Mesmo com a utilização de gráficos e das barras, o aluno ainda precisa associar por completo essas variações de energia seja no gráfico ou no indicador de nível a uma imagem do movimento que

torna o comportamento mais real de um M.H.S, para isso temos que aprender a manipular e importar imagens no *modellus*.

Encontrar a imagem adequada é um grande desafio, deixamos uma na pasta de imagens do produto, mas, caso queira encontrar a imagem pela internet, este é seu endereço. O software consegue importar imagens png, bmp ou gif.

<https://www.bing.com/images/blob?bcid=TjWcptoMYr0ALA>

Após o download ou extração da imagem do projeto pasta, sugerimos que sua localização seja fácil de se encontrar (figura 22).

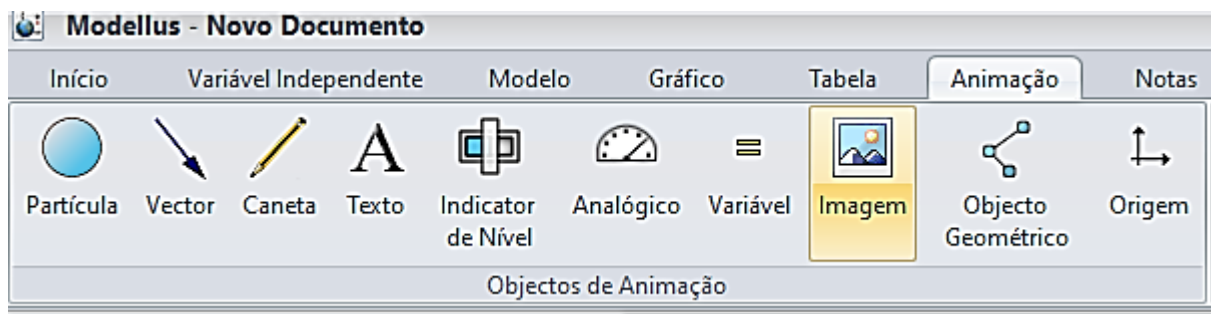


Figura 22: Selecionado o botão para inserir a imagem.

O desenho que acabamos de adicionar se encontra sem movimento, seu tamanho e posição não mudam com o tempo, a simples inserção na janela *modellus*, não altera nenhuma propriedade dele, e nem o andamento da simulação em si. Desejamos que a mola represente o oscilador, para isso temos que fazer com o que o comprimento da imagem acompanhe o movimento do sistema, aumento e diminuindo à medida que o tempo passa. Para isso, vamos na janela modelo matemático e inserimos uma expressão algébrica para a variação do comprimento da mola, que será escrita assim $L = x + 20$, que representa o comprimento da mola que está dependente da posição da variável x mais um número fixo (figura 23). A figura 24 mostra também outras configurações que a imagem precisa ter antes de iniciar a simulação.

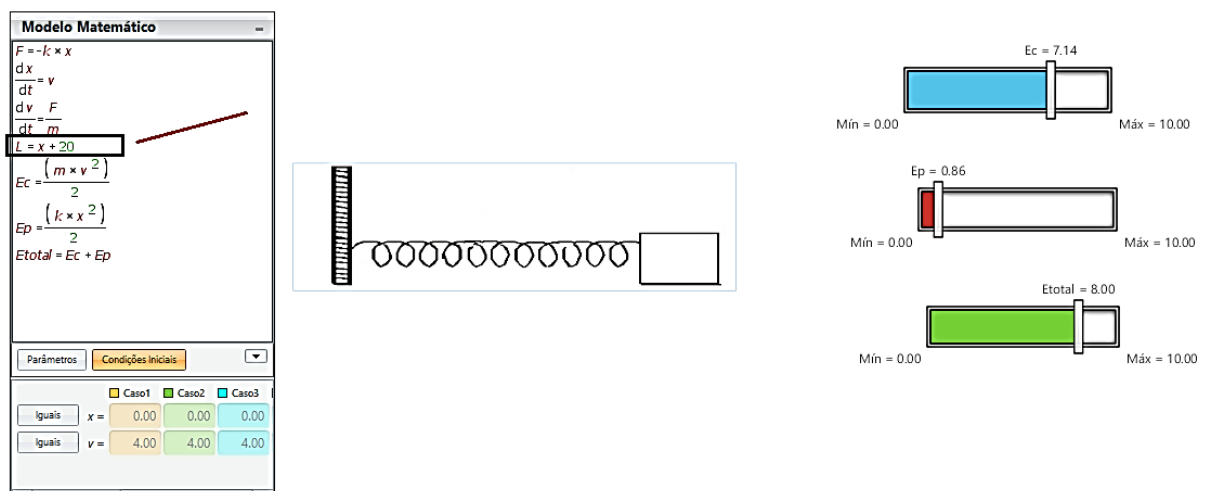


Figura 23: Simulação do M.H.S, frisamos o detalhe da expressão algébrica na janela matemática que possibilita o comprimento do oscilador acompanhar o movimento.

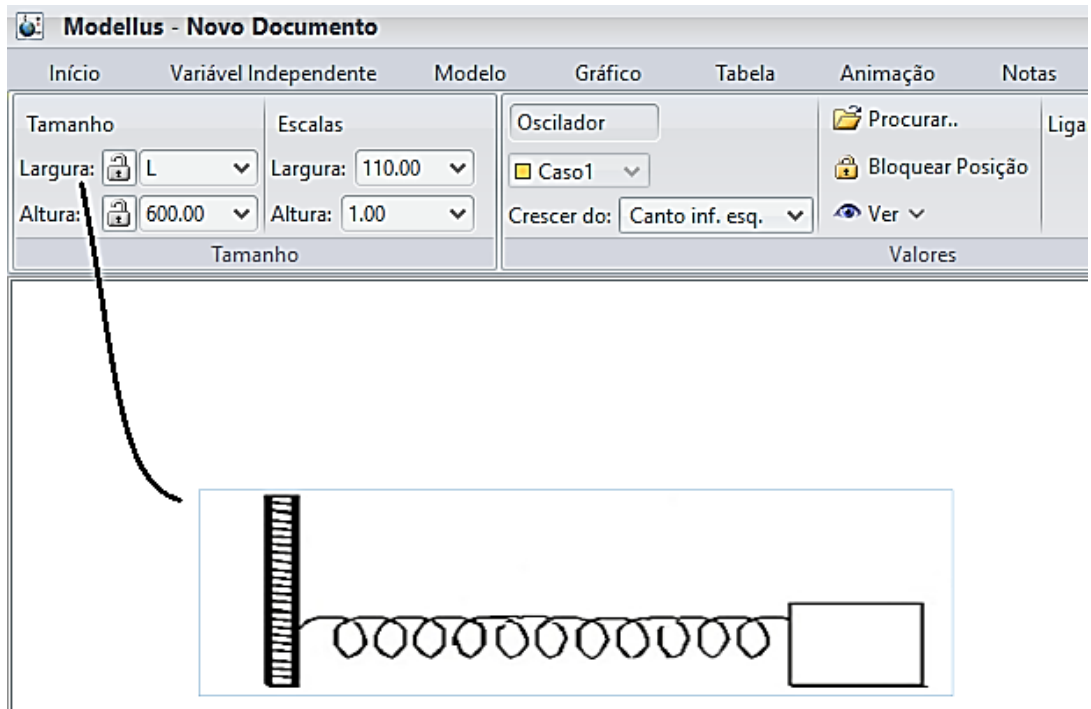


Figura 24: Imagem do oscilador em função do L .

Pode parecer de início trabalhoso o processo anterior (com o crescente uso, isto é diminuído). Entretanto, isto ilustra bem os recursos do que o *modellus* possui para a construção de várias representações do mesmo objeto (neste caso o M.H.S). Descrevemos os gráficos da posição $x(t)$, da velocidade $v(t)$, e das energias, que também podiam ser obtidas pelo uso da tabela. Todas essas representações são, em certo sentido, semelhantes, contudo, cada uma revela um aspecto distinto e importante do objeto estudado (oscilador harmônico). Não é simples encontrar ferramentas didáticas que permitam aglomerar, em um mesmo espaço, tantas visões diferentes e complementares sobre um mesmo assunto.

Essas variedades de ferramentas englobam um número muito diversificado de profissionais da educação, alguns só utilizam o *modellus* pelo gráfico, outros pela tabela, ou pela possibilidade de criar uma animação.

7 - Oscilador Harmônico Amortecido

Osciladores harmônicos reais não oscilam infinitamente, devido a forças resistivas, como resistência do ar, força de atrito, viscosidade de um material e etc., que estão constantemente “enfraquecendo” o movimento até que este cesse por completo. Consideremos uma força dissipativa for proporcional à velocidade, a força resultante sobre o oscilador harmônico será dada por

$$F = -kx - bv$$

Para inserir a força dissipativa no modelo das equações diferenciais, basta acrescentar o termo $-bv$ a força da Lei de Hooke. Após a interpretação e usando o valor de $b=0.070$ para o coeficiente de atrito, obtemos o movimento mostrado na figura (neste modelo definimos $m=1$ e $k=2$). Assistimos um amortecimento do movimento devido a força de atrito que diminui progressivamente até o retorno do ponto de equilíbrio (figura 25).

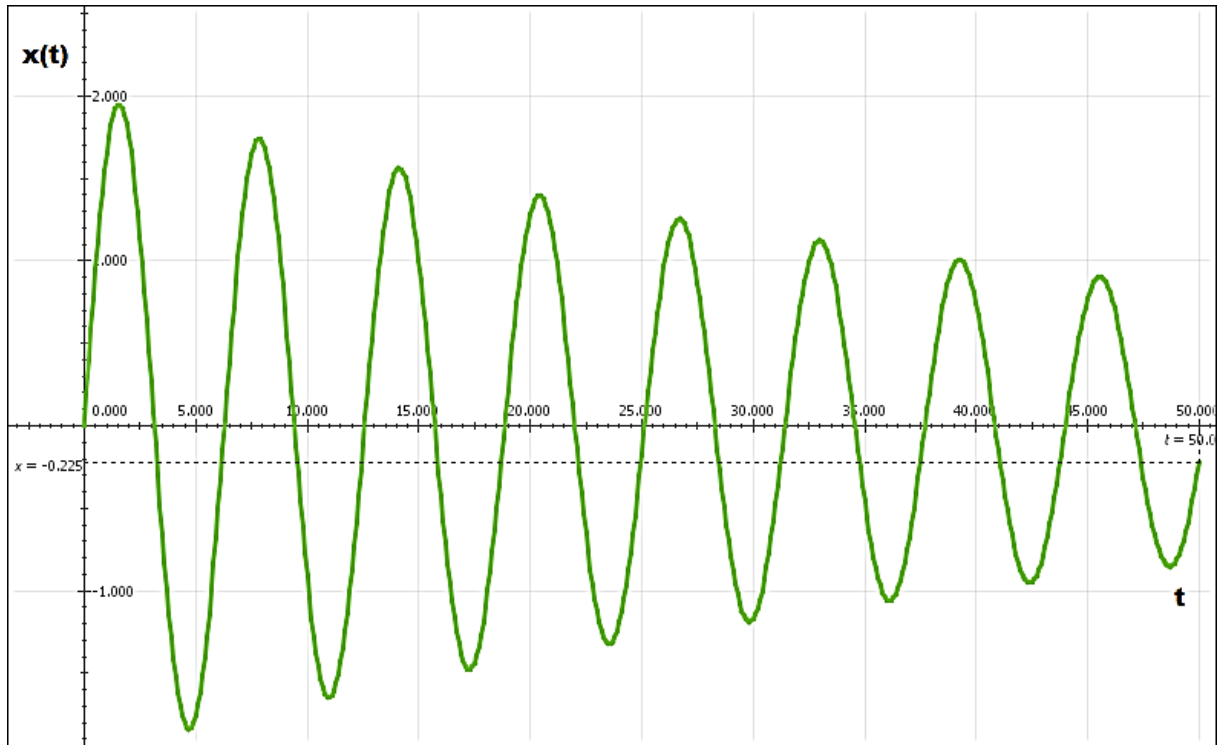


Figura 25: $x(t)$ de um oscilador amortecido.

Podemos inserir os termos da energia cinética e potencial elástica neste modelo, analisando as diferenças agora dos gráficos destes dois modelos (figura 28).

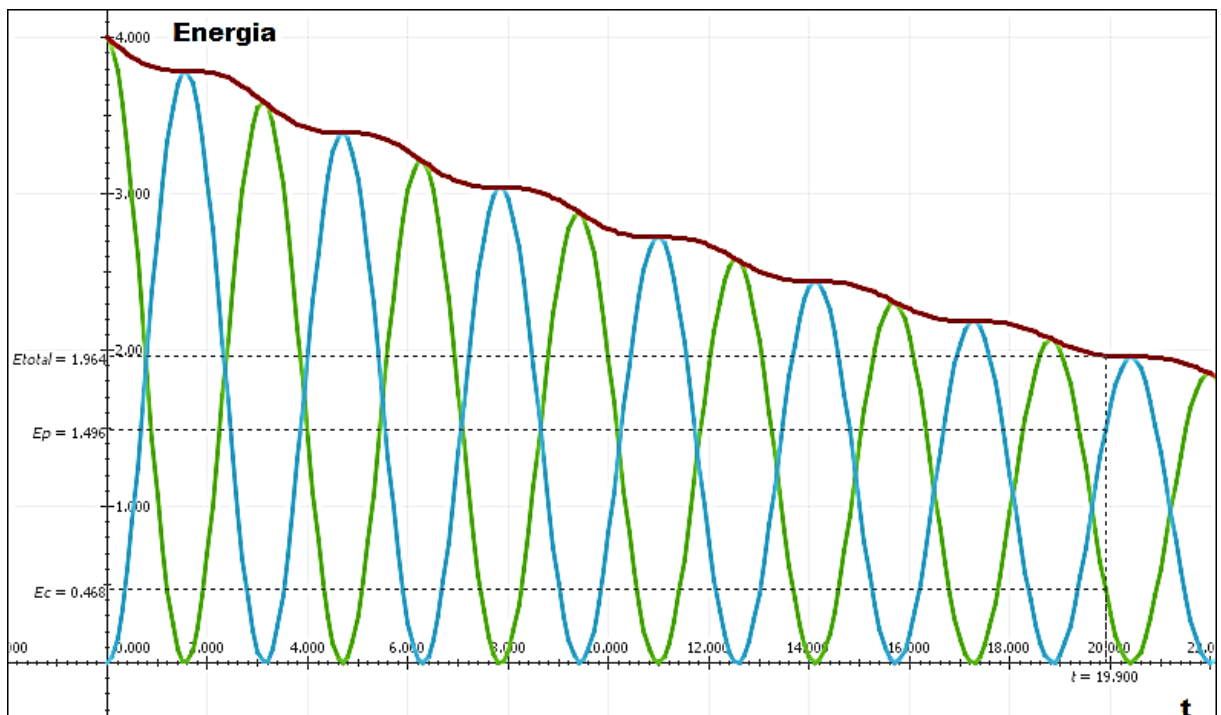


Figura 28: Dissipação da energia no movimento harmônico amortecido.

Um detalhe importante que relatamos anteriormente é sobre a facilitação do uso do par de equações diferenciais. Se fossemos escrever a função horária de um movimento harmônico amortecido, teríamos que abrir uma nova janela *modellus* e escrever a expressão

$$x(t) = x_m e^{\frac{-bt}{2m}} \cos(\omega t + \delta)$$

enquanto que usando equações diferenciais apenas inserimos o termo $-bv$ no modelo já existente.

Se o amortecimento for muito forte, o movimento do sistema massa-mola deixa de ser oscilatório. E o que acontece com o sistema, que já estudamos ($k = 2$ e $m = 1$) para $b = 4$ e $b = 8$. Os resultados estão na figura. Notamos como a massa volta à posição de equilíbrio sem oscilar. O caso com $b = 8$ é um exemplo de movimento superamortecido, que ocorre quando $b^2 > 4mk$. Com $b = 4$, o sistema tem amortecimento crítico, que ocorre quando $b^2 = 4mk$. Sistemas com $b^2 < 4mk$ são chamados subamortecidos e apresentam os movimentos oscilatórios que já estudamos.

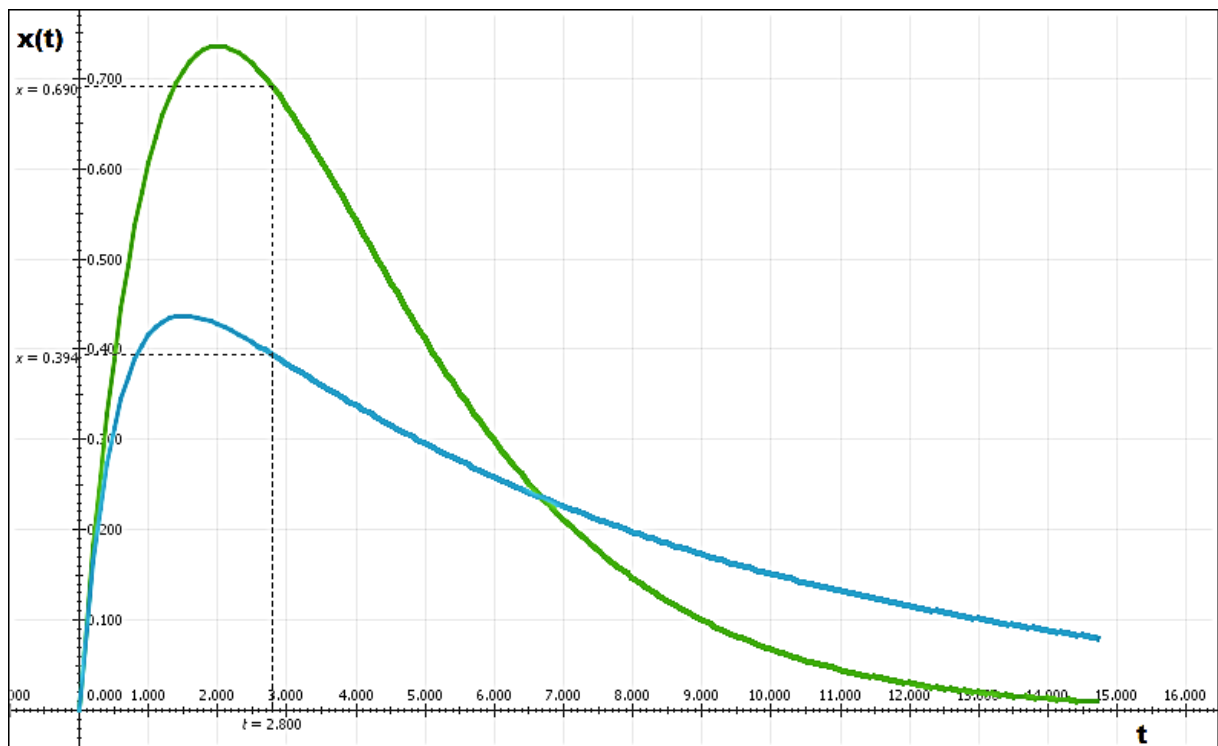


Figura 29: Movimento com amortecimento crítico ($b = 4$, curva verde) e superamortecimento ($b = 8$, curva azul). Nos dois casos, $k = 1$ e $m = 4$.

Em sala de aula, usamos a aplicação deste modelo no cotidiano de aluno, uma delas é na construção de mecanismos de moelas que fazem portas se fecharem automaticamente, quando a porta é solta, ela tem que fechar de modo tal que, ao chegar ao batente, ela também esteja em repouso, para que não colida com o batente. Podemos falar também sobre o amortecimento de carros, caminhões, motocicletas, bicicletas e etc. Se estivéssemos em uma sala do terceiro ano do ensino médio, poderíamos comentar também sobre o princípio da construção de ponteiros de instrumentos analógicos como amperímetro, voltímetros, etc., onde é necessário que o ponteiro volte a posição de origem da escala no menor tempo possível.

Mostraremos a seguir alguns exemplos de simulações envolvendo o amortecimento superamortecido. Na figura 30 ilustraremos a aplicação de um amortecedor de um carro, na esquerda

da imagem mostra o gráfico da posição $x(t)$, no centro a imagem que ilustra o movimento e na parte direito os dados numéricos da velocidade inicial na forma de tabela em função do tempo.

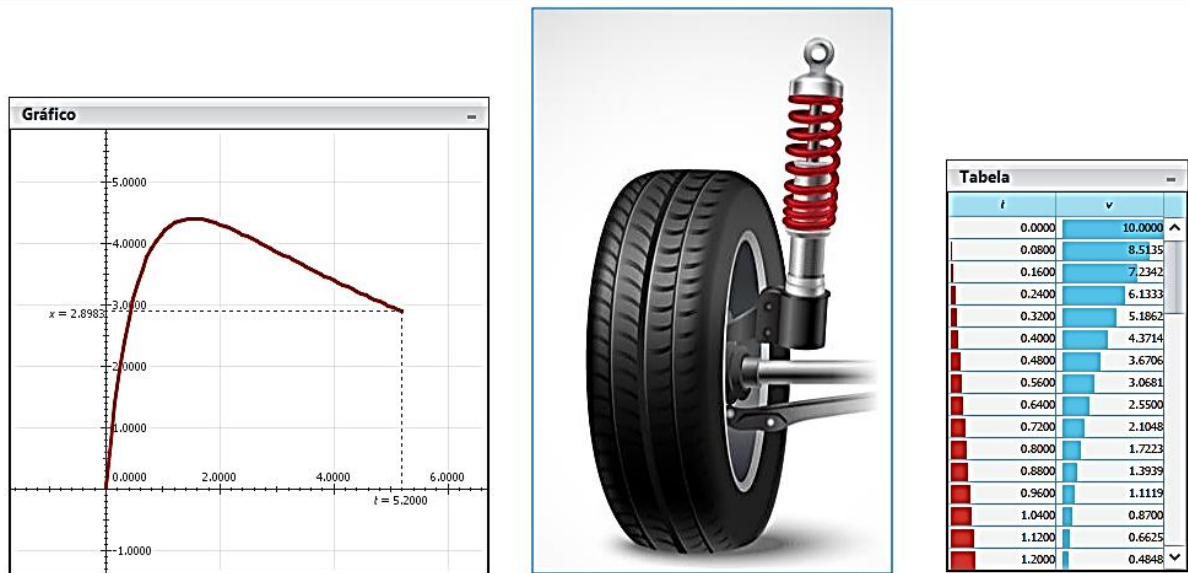


Figura 30: Simulação de Movimento Super-amortecimento de um amortecedor de carro.

A simulação em si é rápida, o que o aluno precisa entender é a razão de ser rápida, porque se não fosse essa força que possui um coeficiente de amortecimento tão forte, o carro, o caminhão ou moto iria continuar oscilando, podendo ocorrer acidentes. Vale lembrar que mesmo se o coeficiente de amortecimento existir, se ele for baixo, o risco de acidente ainda existiria. O aluno poderá se questionar que tipos de acidentes aconteceria?

- Aumento da distância de frenagem – Pouco relacionada aos amortecedores. Porém, a verdade é que um dos riscos do amortecedor danificado é ele não fornece a aderência necessária no momento da frenagem, aumentando a distância até uma parada total. Isso acontece porque o amortecedor já não consegue “resistir” ao movimento natural da carroceria durante a frenagem, que aumentaria o peso e a força de contato entre pneus e solo. Com menos aderência, freia-se menos e o risco de colisões aumenta e muito.
- Rolagem da carroceria – Uma das tarefas principais dos amortecedores é garantir a estabilidade do veículo em qualquer situação, especialmente nas curvas. Porém, quando um amortecedor não está mais trabalhando adequadamente, o carro pode começar a “rolar” demais em curvas. Além de desestabilizar o veículo, deixando-o difícil de controlar, os riscos do amortecedor danificado nesse caso podem levar até ao capotamento do veículo.

Além de fornecer uma situação mais realística do fenômeno físico estudado por meio de simulação, podemos inclusive conscientizar os discentes que poderão se tornar condutores no futuro a ter a devida atenção na manutenção do seu veículo, podendo também ir além, conscientizando seus pais e amigos sobre o que aprenderam em sala de aula.

Avaliação Teórica

Professor:

A Física em nosso Cotidiano – Movimento oscilatório amortecido

No Estudo de osciladores consideramos apenas as forças restauradoras. No entanto, por causa da existência de forças dissipativas (atrito e resistência do ar), a amplitude de oscilação não fica oscilando eternamente, mas, diminuindo gradativamente até o oscilador atingir o repouso. As oscilações nesse caso, são denominadas **amortecidas**. Quando fornecemos energia ao oscilador de modo a manter constante a amplitude de oscilação, fazendo oscilar com uma frequência diferente de sua frequência própria, as oscilações são denominadas **forçadas**.



Figura 1: Ilustração do funcionamento da suspensão de um carro.

O sistema de suspensão dos automóveis conta basicamente de molas e amortecedores. As molas oscilam de um modo forçado quando o carro passa por pistas irregulares, isto é, com saliências e buracos. Os amortecedores (absorvedores de vibrações) atenuam os movimentos das molas, produzindo oscilações amortecidas. Sem os amortecedores as molas continuariam a oscilar e o carro vibraria por um tempo muito maior a cada solavanco. Um amortecedor ideal eliminaria completa e rapidamente as oscilações e o carro retornaria diretamente à sua posição de origem.

Outro exemplo de movimento amortecido, é o sistema massa-mola imerso em um líquido e oscilando na direção vertical.

Nessa situação, há **dissipação de energia** por causa da viscosidade do líquido. O corpo oscila, e sua amplitude diminui ao longo do tempo, até que o corpo pare, podemos ver a diferença da amplitude de um movimento com atrito (Figura 2) com um movimento sem atrito (Figura 3).

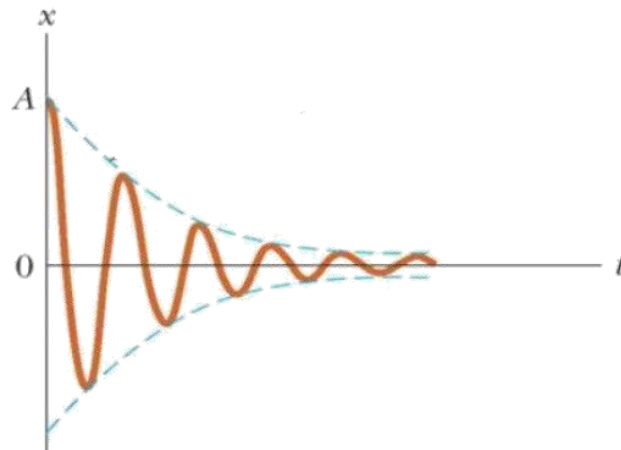


Figura 2: Com o passar do tempo, a amplitude do movimento decai. A energia mecânica do sistema massa mola é reduzida, até que se transforma em outros tipos de energia, situação em que a oscilação para.

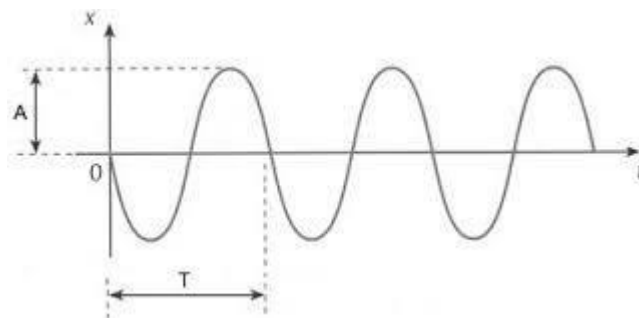


Figura 3: A amplitude de um movimento de um sistema massa sem atrito, se mantendo constante.

Isso acontece porque os fluidos em geral amortecem o movimento. Quanto mais **viscoso** é o fluido, mais rapidamente ocorre a dissipação de energia. Por isso, os amortecedores dos automóveis funcionam geralmente com óleo mineral, que é bem viscoso, e contam ainda com o uso de gás nitrogênio sob pressão, que mantém a temperatura interna do amortecedor em nível adequado a função, uma vez que a temperatura do amortecedor tende a subir por causa da energia dissipada.

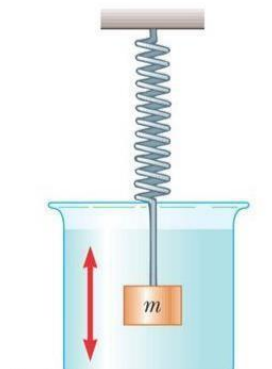


Figura 4: Representação de um amortecimento MHA devido a viscosidade de um líquido.

Viscosidade

A viscosidade de um fluido é basicamente uma medida de quanto ela gruda. A água é um fluido com pequena viscosidade. Coisas como shampoo ou xaropes possuem densidades maiores. A viscosidade também depende da temperatura. O óleo de um motor, por exemplo, é muito menos viscoso a temperaturas mais altas do que quando o motor está frio. Para fluidos que se movem através de tubos (como as dos carros), a viscosidade leva a uma força resistiva

Links uteis para estudo



Introdução ao Movimento Harmônico Simples.

Vídeo aula simples e curta para revisar o conteúdo. *Canal Responde ai!*

<https://www.youtube.com/watch?v=WpZKUoZWkwg&list=PLNG61M7eOuwBuLnJnmzgw3rUV1v-KTO&index=12>



Energia do Movimento Harmônico Simples. Canal Responde ai!

Vídeo aula simples e curta para revisar o conteúdo.

<https://www.youtube.com/watch?v=ipDPQLyozfi&list=PLNG61M7eOuwBuLnJnmzgw3rUV1v-KTO&index=11>



Tema 02 - Oscilações Amortecidas | Experimentos - Amortecimento subcrítico, crítico e supercrítico.

Neste vídeo é feito uma série de experimentos para ilustrar os mais variados tipos de oscilações, muito útil.

https://www.youtube.com/watch?v=h_JOS7ldl48&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=3



Amortecedor Estourado - O carro anda assim

Neste vídeo é mostrado um exemplo real de um carro na rodovia sem amortecedor traseiro.

https://www.youtube.com/watch?v=kc_YIYFJQR4

Questões para Verificação do Aprendizado

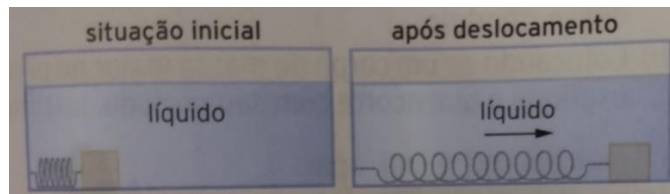
(Unicentro-PR) Amortecedores de carros são itens essenciais para garantir conforto e segurança aos passageiros de veículos de transporte. Eles devem, por um lado, evitar que as oscilações provocadas pelas irregularidades dos terrenos por onde passa o carro tornem a viagem desconfortável sem, por outro lado, comprometer a estabilidade do automóvel, dissipando o mais rapidamente possível a energia. Assinale a alternativa que caracteriza corretamente um amortecedor ideal.

- Absorve rapidamente as vibrações provocadas por acidentes do terreno voltando, sem oscilar, à posição de equilíbrio.
- Não dissipa a energia das vibrações provocadas por acidentes do terreno, evitando assim a fadiga do material e o desconforto dos passageiros.
- Tem frequência de oscilação variável, que depende da amplitude de oscilação, diferenciando assim as grandes e pequenas vibrações provocadas pelos acidentes no terreno.
- Tem alta frequência de oscilação, fazendo com que o carro fique macio e confortável.
- Tem um grande período de oscilação, para que a dissipação das vibrações não seja transmitida ao carro e aos passageiros.

2) Um carro percorre um trecho de estrada cuja superfície é ondulada. Como a vida útil dos amortecedores de seu carro está vencida o motorista realiza um movimento harmônico simples vertical de amplitude 4,0 cm ao atravessar tal trecho. Sendo a aceleração da gravidade 10 m/s^2 e considerando $\pi^2 = 10$, a maior frequência de vibração do carro para que o motorista não perca contato com o assento é?

- a) 5,0 Hz
- b) 4,0 Hz
- c) 2,5 Hz
- d) 2,0 Hz
- e) 1,0 Hz

3) Imerso em um recipiente preenchido por um líquido, um sistema massa-mola realiza um movimento oscilatório horizontal com amplitude inicial de 60 cm. A mola tem constante elástica $K = 200 \text{ N/m}$.



- a) Pode-se considerar que o sistema é conservativo? Justifique
- b) O que ocorre com a amplitude do movimento com o passar do tempo? Por quê?
- c) Explique o aumento da temperatura do líquido durante o movimento.

Aluno:

Turma

Aluno:

Avaliação Computacional

Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS)

Nesta atividade, vamos analisar o caso de um objeto que executa um Movimento Harmônico Simples, oscilando sobre um plano horizontal sem atrito e livre da influência do ar. Para tanto, utilizaremos este guia de atividades, juntamente com simulações no software Modellus.

Questão 1 – Abra a pasta Avaliação Final que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “**simulação_inicio**”. Após fazer isso, leia o enunciado abaixo, analise a simulação e responda.

A figura 1 representa um sistema massa-mola, ou seja, um bloco com determinada massa preso a uma mola ideal não deformada (com massa desprezível e coeficiente de elasticidade constante), inicialmente em repouso. A figura 2 mostra um menino que distende a mola, afastando o sistema da sua posição de equilíbrio e soltando depois, deixando assim o movimento acontecer naturalmente. Nas figuras, estão representados os pontos da trajetória do bloco - **a**, **b**, **c** e **d** -, sendo **a** e **d** os pontos extremos do movimento do bloco, e o ponto **o** como o ponto médio. Considere desprezíveis todas as formas de atrito.

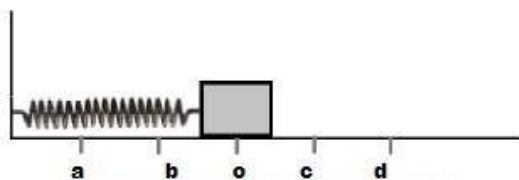


Figura 1 – Sistema massa-mola.

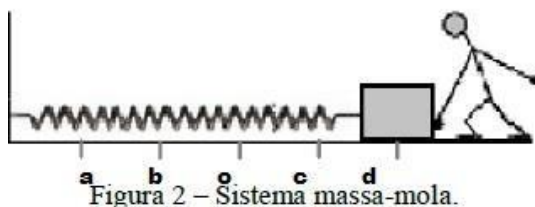


Figura 2 – Sistema massa-mola.

Com base no enunciado e no que você observou na simulação, faça uma análise do movimento do bloco, descrevendo suas características da força elástica, velocidade e aceleração.

Questão 2 - Após fazer isso, **Abra a “simulacao_i”** analise a simulação e responda

- Em qual (is) ponto (s) (**a**, **b**, **c** ou **d**) a energia potencial elástica é máxima? Em qual (is) ponto (s) a energia potencial elástica é nula?

- b) Em qual (is) ponto (s) (**a**, **b**, **c**, ou **d**) a velocidade é máxima em módulo? Em qual (is) ponto (s) a velocidade é nula??

Questão 3 Abra a “simulacao_ii”

- a) Altere o valor da massa para um valor quatro vezes maior. O que acontece com o período de oscilação do sistema?
- b) Altere o valor da massa para um valor quatro vezes menor. O que acontece com o período de oscilação do sistema?
- c) Qual a relação entre a massa do sistema e o período de oscilação?
- d) Altere o valor da constante elástica da mola para um valor quatro vezes maior. O que acontece com o período de oscilação do sistema?
- e) Qual a relação entre a constante elástica da mola e o período de oscilação? Existe alguma relação com o valor da aceleração máxima do sistema?

Questão 4- Abra a “simulacao_iii”

Um sistema massa mola está oscilando com as mesmas características que a primeira simulação, estando na superfície lunar agora, o seu período é alterado? E sua velocidade? E sua aceleração. Justifique.

Objeto Movimento Harmônico Simples Amortecido/Forçado

Questão 5 - Abra a “simulacao_iv”

- a) Observe o gráfico da posição x do caso 1 e caso 3 existe alguma diferença entre eles? Qual a razão desta diferença?
- b) Qual aplicação diária, podemos ver no cotidiano deste fenômeno físico?
- c) Observe agora o gráfico da posição x do caso 4, houve uma oscilação completa? qual a diferença do caso 1 e do caso 4? Explique.

Questão 6- Pessoal e obrigatória

Nesta etapa da prova, a dupla precisa ser sincera, e dizer sua opinião e argumentos a favor ou contra a pergunta que está sendo feita. Caso a dupla tenha opiniões diferentes, pode cada uma exercer de maneira separada na resposta.

- a) O uso de software modellus, permite uma visualização melhor do fenômeno físico estudado? Para que casos vocês acham que ele seria melhor utilizado? Justifique.
- b) Se fosse adotado o uso do software modellus como mais uma maneira de avaliação, acharia viável este modelo?
- c) Você já usou o computador para este tipo de avaliação? Ou avaliação semelhante?
- d) Antes desta avaliação, qual a utilidade do computador na sua vida diária estudantil ou pessoal ?