

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas

Daniela Cristina Barsotti

**USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA
PARA O ENSINO MÉDIO: MODELAGEM MATEMÁTICA A PARTIR
DO SOFTWARE MODELLUS**

São Carlos

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas

Daniela Cristina Barsotti

**USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA
PARA O ENSINO MÉDIO: MODELAGEM MATEMÁTICA A PARTIR
DO SOFTWARE MODELLUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas.

Orientadora: Professora Dra. Ducinei Garcia

São Carlos

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B282uf

Barsotti, Daniela Cristina.

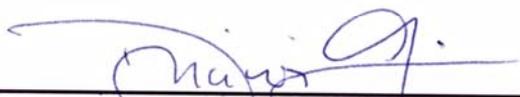
Uso de ferramentas tecnológicas no ensino de física para o ensino médio : modelagem matemática a partir do software Modellus / Daniela Cristina Barsotti. -- São Carlos : UFSCar, 2015.
90 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Física - ensino. 2. Cinemática. 3. Ensino médio. I. Título.

CDD: 372.358 (20ª)

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Ducinei Garcia
DF – UFSCar - orientadora



Profa. Dra. Cibelle Celestino Silva
IFSC - USP



Prof. Dr. Nelson Studart Filho
DF - UFSCar

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora e amiga Prof^a. Dra. Ducinei Garcia, por me incentivar e auxiliar durante todo o tempo, pela paciência e atenção durante o trabalho e pela compreensão e confiança nos momentos difíceis.

Ao Colégio Puríssimo Coração de Maria: a Diretora Ir. Inez Terezinha Augusti, a Vice-Diretora Cássia Betetto Sciamana, aos Coordenadores Pedagógicos Prof. Me. Huemerson Maceti e Prof. Edmilson Sacramento dos Santos, por disponibilizarem o laboratório de informática, possibilitando assim que os alunos interessados participassem da sequência de atividades propostas neste trabalho.

Aos alunos que espontaneamente participaram das atividades, fato este de fundamental importância no desenvolvimento do trabalho.

A CAPES que possibilitou a participação do projeto Observatório da Educação (Obeduc Capes-UFSCar) durante o ano de 2010.

Agradeço principalmente a minha família e amigos que ajudaram a superar todos os problemas. Sem o auxílio de vocês o trabalho seria muito mais difícil.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O trabalho apresenta um estudo de caso, a partir da introdução da modelagem matemática no processo de ensino/aprendizagem de conceitos de Física para alunos do Ensino Médio (EM), com o uso de ferramentas tecnológicas, entre elas o software *Modellus 4.01*. Tal ferramenta, além de permitir, a partir de comandos simples, a criação de simulações com modelos matemáticos do próprio usuário, também possibilita a montagem de gráficos e tabelas, em janelas animadas. O objetivo principal foi avançar um pouco mais na busca de respostas para a questão: é viável utilizar uma ferramenta computacional com modelagem matemática no Ensino Médio? Afinal, fala-se muito no potencial uso do computador no ensino em nosso país, mas há poucos registros sobre sua utilização efetiva, principalmente na forma complexa como a geração de simulações com modelos matemáticos criados pelos próprios alunos. É apresentada e discutida a proposição, inclusive no formato adaptado de aulas do Portal do Professor, de uma sequência de atividades, envolvendo a modelagem matemática no ensino de conceitos de Cinemática. Levando-se em conta as etapas dessa sequência e o caso de sua aplicação em sala de aula informatizada para alunos da primeira série do Ensino Médio, também são apresentados e analisados os resultados de um questionário diagnóstico sobre o conteúdo conceitual; a receptividade dos alunos ao software *Modellus*; as simulações de objetos em MRU e MRUV construídas pelos próprios alunos; e os resultados de um questionário avaliativo sobre os conceitos trabalhados. Assim, pode-se refletir se a sequência didática proposta pode ser facilitadora ou não da compreensão dos conceitos envolvidos, e sobre as eventuais dificuldades para o uso de ferramentas tecnológicas (no caso, informática) no ambiente escolar. São discutidos também os resultados da ação de compartilhar os produtos e análises resultantes deste trabalho com outros colegas, quer seja em projetos como o do Observatório da Educação (Obeduc Capes-UFSCar) ou a partir da participação em eventos acadêmicos da área. Concluiu-se, de uma forma geral, que a aplicação das atividades na sequência sugerida pode ser um apoio importante à motivação dos alunos e à significação do conteúdo trabalhado em Física na primeira série do EM.

Palavras-chave: 1. Modelagem matemática. 2. Cinemática. 3. Ensino Médio. 4. Software Modellus.

ABSTRACT

This work presents a case study on the teaching and learning of Physics concepts using mathematical modeling and technological tools, with software *Modellus 4.01* as the main resource. *Modellus 4.01* was selected due to its ability to provide a user-friendly platform for developing animated simulations from user-defined mathematical models, in addition to windows that can display graphs and tables dynamically. The main objective of this work is to propose an answer to the question: “Is it worthwhile to use a computational tool with mathematical modeling to enhance student’s learning results in secondary education?” After all, much has been presumed about using computers to improve Brazil’s overall performance in basic education, but there are very few formal studies on their actual utilization, especially at a complex level like the simulations from mathematical models developed by the students themselves. A sequence of activities for the modeling of kinematics concepts is proposed and discussed. While considering the steps of such sequence and their application with 9th-grade students in computer-equipped facilities, this work also presents and analyses the results of a diagnostic assessment of students’ theoretical knowledge; their acceptance of the *Modellus* software; the URM and UVRM simulations they developed; and the concepts they gathered from the work with modeling and computational tools. It is therefore possible to reflect upon the effectiveness of this methodology towards a more meaningful learning of the concepts involved, as well as the difficulties arising from the use of technological tools in the school environment. The outcomes from sharing the products and investigations of this work with other teachers, whether in specific projects like the *Observatório da Educação* (The Observatory of Education - Obeduc Capes-UFSCar) or in academic networking events are also discussed. In general terms, results show that the application of activities in the suggested order may be an important support to the motivation of students and to a meaningful learning of the Physics contents pertaining to the 9th grade program.

Keywords: 1. Mathematical modeling. 2. Kinematics. 3. Secondary Education. 4. *Modellus* Software.

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1** - Ciclo de desenvolvimento das teorias Físicas (Fonte: Aguiar, 2006, p.2)19
- Figura 2** - Sequência de atividades proposta neste trabalho para a aprendizagem de conceitos (no caso, Cinemática) com o uso da modelagem matemática, utilizando o software Modellus, a ser aplicada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio.....25
- Figura 3** - Arquivo *dog and graph, an exploration on the meaning of position-time graphs.modellus*, utilizado como referência para o planejamento da segunda e terceira aulas na 3º etapa.....38
- Figura 4** - Foto do Laboratório de informática no início de uma aula para a construção das simulações.45
- Figura 5** - Simulação desenvolvida por um dos alunos sobre movimento retilíneo com velocidade constante.54
- Figura 6** - Simulação construída por uma das duplas de alunos, na qual o movimento está ocorrendo na horizontal. Além de construir o gráfico espaço x tempo, a dupla também construiu por iniciativa própria um gráfico velocidade x tempo.55
- Figura 7** - Simulação construída por uma das duplas de alunos, na qual o movimento está ocorrendo na vertical. Os alunos, espontaneamente, perceberam que as equações utilizadas para movimentos representados numa reta horizontal poderiam também ser utilizadas para movimentos verticais.....56
- Figura 8** - Simulação construída por uma dupla de alunos onde existe a comparação entre os movimentos uniforme e uniformemente variado57
- Figura 9** - Simulação proposta e construída por um aluno para facilitar a compreensão de exercício pedido pelo professor de Física do período regular de aula.....57

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1** - Cronograma de aplicação da sequência de atividades, indicada na Figura 2, duração e número de aulas **26**
- Tabela 2** - Taxonomia do questionário diagnóstico aplicado na primeira parte da sequência de atividades de ensino de Cinemática deste trabalho **28**
- Tabelas 3** - Justificativas que motivaram a escolha das questões para o questionário avaliativo..... **40**
- Tabela 4** - Porcentagem de acertos e de respostas “não sei responder” no questionário diagnóstico aplicados na instituição privada para o total de 21 alunos de uma turma da primeira série do Ensino Médio. As questões destacadas são aquelas que apresentam porcentagem de acerto inferior a 50% **48**
- Tabela 5** - Porcentagem de acertos e de “não sei responder” no questionário diagnóstico, aplicado pela Prof^a. Rejane em escola pública da cidade de Ibaté, para alunos da primeira série do Ensino Médio. As questões destacadas são aquelas que apresentam porcentagem de acerto inferior a 50% **50**
- Tabela 6** - Porcentagem de acertos e de “não sei responder” obtidas através das respostas dos alunos ao questionário avaliativo organizado em ordem crescente de acertos **59**
- Tabela 7** - Cronograma de aplicação da sequência didática para o tema movimentos uniforme e uniformemente variado **61**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	24
2.1 PROPONDO A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES COM MODELAGEM E SIMULAÇÕES ENVOLVENDO CONCEITOS DE CINEMÁTICA	24
2.2 DESENVOLVENDO A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES: CASO DO TEMA CINEMÁTICA	26
2.2.1 ESCOLHENDO O TEMA E ADAPTANDO A SEQUÊNCIA	26
2.2.2 PRODUZINDO O QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	28
2.2.3 APRESENTANDO FERRAMENTAS BÁSICAS DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA A CONSTRUÇÃO DE SIMULAÇÕES COM O SOFTWARE MODELLUS	35
2.2.4 ACOMPANHANDO AS SIMULAÇÕES DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS	36
2.2.5 PRODUZINDO O QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	38
CAPÍTULO 3 - ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	45
3.1 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	46
3.1.1 RESULTADOS DA ADAPTAÇÃO DA ATIVIDADE PARA OUTRO CONTEXTO ESCOLAR	49
3.2 A RECEPTIVIDADE DOS ALUNOS AO USO DE MODELAGEM MATEMÁTICA A PARTIR DO SOFTWARE MODELLUS	51
3.3 ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES CONSTRUÍDAS PELOS ALUNOS	53
3.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	58
CAPÍTULO 4 - ADAPTANDO E COMPARTILHANDO A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES COM PROFESSORES EM SUAS AULAS	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64
ANEXOS	
I. QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	68
II. MODELLUS 4.1 – ALGUMAS FERRAMENTAS BÁSICAS	73
III. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	80

IV. PLANO DE AULA	85
--------------------------------	-----------

Introdução

Discute-se muito sobre o uso de novas tecnologias no processo de ensino/aprendizagem, entre as quais, o computador. Há quase uma década, Araujo e colaboradores (ARAUJO et al., 2004a, p.1) escreveram: o computador, “visto por muitos como o remédio para todos os males e por outro tantos como um modismo passageiro”, está presente “na maior parte das áreas do conhecimento humano”. Atualmente, a maioria das escolas possui computadores e seu uso é incentivado para as aulas de diversas disciplinas. No entanto, ainda são poucos os professores que o utilizam em seu cotidiano escolar. Os motivos diversos não serão discutidos neste trabalho, porém acredita-se que entre eles, encontre-se a pouca capacitação para sua aplicação pedagógica.

O computador pode ser utilizado no processo de ensino/aprendizagem como uma ferramenta que favorece maior autonomia dos estudantes na própria construção de seus conhecimentos científicos. No ensino de Física, particularmente, pode-se utilizar um programa de modelagem matemática como auxílio para simular várias situações-problema. Há programas que podem ser usados para este fim como Logo, Flash e Modellus. Porém, entre os citados, o Modellus¹ é simples e de fácil acesso para iniciantes na área de computação, não exigindo um entendimento da linguagem de programação como outros exigem, facilitando a utilização por professores e alunos, dentro ou fora da escola.

Ao cursar a disciplina Tecnologias da Informação para o Ensino de Ciências e Matemática, ministrada no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, a pesquisadora teve contato com o software Modellus. Unindo a nova descoberta com a proposta trazida pelo Currículo do Estado de São Paulo, surgiu o interesse em trabalhar com este software, aplicando-o ao ensino de Física.

Freitas (2009) defende que se consegue ensinar a aprender, de maneira mais interativa, vários conteúdos na Física utilizando o software Modellus:

Em Física, através deste software, pode-se estudar desde movimento de projéteis até leis de reflexão e refração em Óptica Geométrica... Um dos recursos que oferece maior interatividade neste programa é de análise do movimento de uma partícula, conteúdo que faz parte do que se conhece como Cinemática, em Física. (FREITAS, 2009, p. 36-37).

¹ Disponível na página <http://modellus.fct.unl.pt/>

A partir dessas e de outras opiniões sobre o uso do Modellus na Física é que foi desenvolvida uma proposta para aplicar uma sequência de atividades, utilizando a modelagem matemática como auxílio no processo de ensino/aprendizagem. O termo “sequência de atividades”, utilizado neste trabalho, deve ser compreendido como o planejamento de atividades de ensino nas quais professores e alunos podem ampliar, modificar e construir significados. Pretende-se que essa sequência de atividades permita que sujeitos interajam com conteúdo de Física, a fim da resolução de situações-problema visando a um aprendizado efetivo.

Com a autorização da coordenação pedagógica, a escola escolhida para o estudo de caso foi uma da rede particular² da cidade de Rio Claro, interior de São Paulo. O currículo dessa escola orienta que o conteúdo de Física, para a primeira série do ensino médio, tenha início com o estudo dos movimentos. Portanto, escolheu-se o tratamento dos conceitos de cinemática na proposição das situações-problema, explorando-se o que essencialmente poderia ser vantajoso no processo ensino/aprendizagem do tema: as relações funcionais entre variáveis.

Assim, este trabalho tem como objetivos gerais: 1- a proposição e aplicação de uma sequência de atividades envolvendo a modelagem matemática no ensino de Física, utilizando o software Modellus; 2- a análise de um estudo de caso que é discutido, a partir da comparação entre os resultados do questionário diagnóstico e avaliativo, se a sequência didática proposta pode ser facilitadora, ou não, da compreensão dos conceitos, a aplicação dessa metodologia ocorre com alunos do Ensino Médio, qual se inclui não somente os aspectos relacionados ao tratamento do conteúdo, como também das facilidades e dificuldades para o uso de ferramentas tecnológicas (no caso, informática) no ambiente escolar, e, por fim; 3- a ação de compartilhar os produtos e análises resultantes deste trabalho a partir do registro da sequência em um ambiente educacional de acesso público como o Portal do Professor do Ministério da Educação.

No capítulo 1 apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre o computador e a modelagem matemática, como ferramentas de auxílio no processo de ensino/aprendizagem. Com o enfoque no ensino de Física, foi analisada a utilização do software Modellus, a partir de estudo de casos de pesquisadores/professores brasileiros e estrangeiros que já utilizaram esse programa com tal finalidade.

² Colégio Puríssimo Coração de Maria

O capítulo 2 detalha as etapas do desenvolvimento da sequência de atividades: a produção de um questionário diagnóstico no tema cinemática; a preparação de uma apresentação multimídia das principais ferramentas do software Modellus; a proposta de aulas que envolvem os alunos na construção de simulações a partir de seus próprios modelos; e a produção de um questionário avaliativo acerca do tema discutido.

O capítulo 3 discute o estudo de caso de aplicação da sequência de atividades. São analisados os resultados do questionário diagnóstico; a receptividade dos alunos ao software Modellus; as simulações construídas pelos alunos; e os resultados do questionário avaliativo.

No capítulo 4 desenvolve-se a adaptação da sequência de atividades para aulas do Ensino Médio, considerando sua aplicação no horário regular das aulas em um curso de Física durante o ano letivo, no padrão de aulas registradas no Portal do Professor do Ministério da Educação.

Por fim, encontram-se as considerações finais e as reflexões da pesquisadora sobre este trabalho e o estágio de formação.

Capítulo 1 - Revisão Bibliográfica

Por deficiência na aprendizagem, ao longo do tempo da própria educação científica, acumulam-se as dificuldades dos alunos em entender conceitos de diversas disciplinas. A falta de compreensão e posterior desinteresse dificultam as associações que podem ser feitas com o mundo real (SANTOS et al., 2006), prejudicando, em especial, as matérias de ciências da natureza.

O discurso nas instituições de ensino, em reuniões pedagógicas (como as dos ATPC - Aulas de Trabalho Pedagógico Coletivo), é o de que os alunos mudaram e não se sentem motivados a estarem nas escolas, principalmente nas salas de aula. Portanto, em função disso, o professor precisa tornar o processo de ensino/aprendizagem mais dinâmico e motivador, fazendo com que os estudantes saiam da inércia em que estão e encontrem novamente a vontade para aprender.

O que se presencia no cotidiano de várias instituições de ensino é a transmissão de conteúdos (os motivos do por quê isto ainda ocorre não serão discutidos aqui), a qual segue o caminho contrário ao preconizado pelo discurso supra citado. O aluno continua sendo agente passivo na construção de seu conhecimento, aumentando, assim, seu desinteresse nas diversas disciplinas. Em geral, um estudo baseado no conhecimento transmitido, não facilita a aprendizagem por parte do aluno, como podemos evidenciar nos trechos citados por Moreira (2000):

... o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo em que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento (MOREIRA, 2000, p.4). ... Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, ... tende a gerar aprendizagem ... em geral mecânica. (MOREIRA, 2000, p.6).

Enquanto escolas e professores não modificarem a prática do cotidiano em sala de aula, a aprendizagem dos conteúdos pelos alunos continuará sendo mecânica. No dia-a-dia

escolar, poucos são os estudantes que conseguem fugir de uma atitude passiva. E muitos são os que desistem de tentar compreender os conteúdos e suas relações, retirando-se da participação de qualquer atividade proposta, ou ainda da vida escolar, o que é confirmado por Ricardo e Freire (2007):

... a adesão dos alunos ao projeto escolar está enfraquecendo. Ou seja, a estrutura escolar atual parece estar cada vez menos capaz de atender às expectativas dos seus alunos, Ocorre, todavia, que um ensino apoiado unicamente no acúmulo de saberes acaba atendendo apenas uma minoria que terá a chance de continuar seus estudos. (RICARDO E FREIRE, 2007, p.251).

Para que possamos tentar um ensino diferente do unicamente apoiado no acúmulo de saberes, aumentando as chances de atender às expectativas de nossos alunos, não podemos esquecer-nos da finalidade proposta pela LDB/96, a qual caracteriza claramente o Ensino Médio como:

... a “etapa final da Educação Básica” com a finalidade de “consolidação e aprofundamento” dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos, a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando para continuar aprendendo de modo a ser capaz de se adaptar, com flexibilidade, à novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores... (Parecer CNE/CEB Nº 39/2004).

Mas, para que o aluno de Ensino Médio atual consolide seus conhecimentos e desenvolva a capacidade de continuar aprendendo, seria importante que as atividades propostas, no cotidiano em sala de aula, fossem revistas.

Para que as ideias discutidas por este trabalho consigam ser concretizadas, no caso específico do processo de ensino/aprendizagem de conhecimentos de Física, é interessante que bons fundamentos educacionais, por vezes trazidos pelos currículos oficiais, sejam postos em prática. Como exemplo, pode-se citar o Currículo do Estado de São Paulo:

O conhecimento científico desenvolvido na escola média deve estar voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com os instrumentos para compreender a realidade, intervir nela e dela participar. Hoje, diferentemente do que se vivia em um passado não muito remoto, a produção, os serviços e a vida social em geral são pautados pelo resultado

da relação entre ciência e tecnologia. Nesse contexto de mudanças, a Física tem papel destacado ao longo dos quatro séculos da modernidade e, em especial, nas revoluções tecnológicas que mudaram profundamente a história. As inovações e mudanças nas formas de produção, de comunicação e de relacionamento têm hoje uma rapidez surpreendente, incomparavelmente maior do que em outros períodos da história. Tais modificações se manifestam, por exemplo, nas novas tecnologias presentes no cotidiano. (Currículo do Estado de São Paulo, 2010, p. 96).

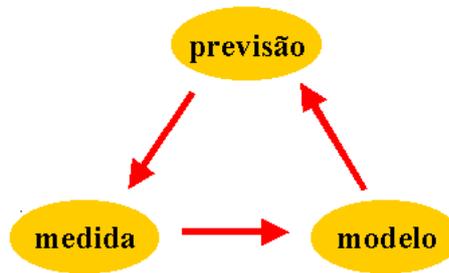
Entre as novas tecnologias presentes no cotidiano, pode-se incluir, atualmente, o computador (ênfatizando aqui, a importância deste instrumento como ferramenta genérica no dia-a-dia das empresas; dos governos e gestões públicas, das casas e famílias, dos indivíduos, e também para o ambiente educacional formal e não-formal). Porém, precisa-se de cautela na utilização desta ferramenta no ensino para que não a transforme (o computador) em cópia virtual do livro didático:

Embora ferramenta indispensável para o ensino a distância e que em muito enriquece o ensino presencial, há que se tomar cuidado para que o uso do computador não se restrinja a uma máquina de fornecer informação, como aconteceu com grande parte dos programas tutoriais do passado. Como a maioria dos educadores, defendemos o uso do computador como uma ferramenta para auxiliar a construção do conhecimento. (VEIT e TEODORO, 2002, p.87).

Para utilizar o computador como uma ferramenta que auxilia o aluno na sua própria construção do conhecimento, faz-se necessária a pesquisa sobre esta tecnologia como instrumento para o ensino (nosso caso, para o ensino de Física).

Segundo Aguiar (2006), a Física pode ser desenvolvida em três etapas de um ciclo (Figural): construção de um modelo; previsões feitas a partir desse modelo; e comparação das previsões com as observações. Torna-se difícil para o aluno, que pode apresentar dificuldades tanto nos conceitos físicos quanto na formalização matemática, conseguir compreender a lógica utilizada na etapa de passagem do modelo construído para a previsão, principalmente se esta não estiver embasada em observações e experimentos, práticos ou mentais. Assim, podem acabar aceitando os modelos, apenas por terem sido ditados pelo professor.

Figura 1– Ciclo de desenvolvimento das teorias Físicas.



Fonte: Aguiar, 2006, p.2

Aguiar (2006) ainda defende que um dos maiores obstáculos para se ensinar/aprender conceitos de Física, em sala de aula, está na linguagem e na manipulação de ferramentas da matemática (AGUIAR, 2006). O que pode ser confirmado por Veit, Mors e Teodoro (2002) “no ensino/aprendizagem de Física é a solução matemática que costuma consumir maior tempo e limitar as situações físicas discutidas” (VEIT et al., 2002, p.177). Pela experiência da pesquisadora na prática escolar, muitos são os professores que chegam as conclusões por nós discutidas, mesmo que nunca tenham tido contato com as ideias desses autores.

Conforme apontado por Veit e Teodoro (2002), a linguagem matemática deve ser utilizada pela Ciências para a representação e não como explicação dos fenômenos:

A lei da gravitação universal de Newton é uma forma de representar, através de um modelo matemático, a interação entre corpos celestes. Nada nos diz acerca do que é gravitação. O poder da linguagem matemática resulta, pois, não da sua capacidade de explicação, mas da sua capacidade de representação, de descrição do processo natural. (VEIT e TEODORO, 2002, p.88).

Para que o aluno possa aprender a representar e descrever modelos de um fenômeno, o computador pode ser um poderoso auxílio, tanto ao ser introduzido no processo de medidas (tomada de dados) como no processo de controle e manipulação dos modelos.

O uso do computador como um tutorial ou livro eletrônico, um programa em que o aluno pode interagir com simulações, ou um instrumento de laboratório (Aguiar, 2006), não é tão eficaz em relação à participação efetiva do aluno no processo de construção do seu conhecimento como seu uso (do computado) na condição de uma ferramenta de modelagem.

É muito comum a confusão entre modelagem e simulação no uso de computadores no ensino. Para exemplificar, cita-se o ocorrido em uma aula da disciplina de Tecnologias no Ensino de Física e de Matemática, do Mestrado Profissional da Universidade Federal de São Carlos. Quando os estudantes (no total de 20 professores) foram questionados se já haviam utilizado modelagem no computador em suas aulas, quase todos levantaram a mão. Mas, após uma breve discussão sobre o que seria modelagem com o computador, apenas um dos participantes indicou que já havia efetivamente utilizado.

Nas simulações, os modelos e representações são desenvolvidos por terceiros e não estão públicos. Em muitos casos, os usuários podem utilizá-los de maneira interativa quando as simulações permitem a mudança de parâmetros. Já na modelagem, os próprios usuários constroem seus modelos e determinam como representar seus resultados, ou seja, participam de maneira expressiva da montagem de suas simulações (AGUIAR, 2006a).

A introdução da modelagem matemática no processo de ensino/aprendizagem, a partir de ferramentas tecnológicas como, por exemplo, um software de modelagem, é uma maneira de possibilitar a melhor compreensão dos conteúdos de Ciências da Natureza, particularmente da Física, e contribuir para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Como destacam Araujo, Veit e Moreira (ARAUJO et al., 2004), utilizar a modelagem matemática é a melhor maneira para que haja a interação do estudante com o processo de construção e análise do conhecimento científico. Dessa forma, corroboram as palavras que se seguem:

Na prática, Física representa para o estudante, na maior parte das vezes, uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas. A introdução de modelagem no processo de ensino/aprendizagem tende a desmitificar esta imagem da Física, possibilitando uma melhor compreensão do seu conteúdo e contribuindo para o desenvolvimento cognitivo em geral, pois modelagem facilita a construção e relações e significados, favorecendo a aprendizagem construtivista. (VEIT e TEODORO, 2002, p. 88).

Ou seja, com as simulações dos próprios modelos é possível que diversas concepções alternativas e/ou conceitos de senso comum dos alunos sejam mudados e/ou quebrados por eles mesmos.

Como discutido na introdução, para a modelagem matemática dos fenômenos naturais em ambiente escolar, pode-se trabalhar com o software Modellus (ARAUJO et al.,

2004;FREITAS, 2009), que é um software educacional gratuito, indicado para o ensino de Ciências e Matemática (VEIT e TEODORO, 2002). Essa ferramenta, além de proporcionar o uso de simulações e modelagem, também possibilita a realização de gráficos, tabelas e animações em janelas gráficas, a partir de comandos amigáveis ao usuário, tal que o modelo possa ser testado, avaliado e refeito, se necessário. Dessa forma, o software Modellus pode ser uma ferramenta de apoio às aulas de Física, principalmente nos temas de Cinemática, que são aplicados na primeira série do Ensino Médio. Em geral, os estudantes dessa série demonstram muitas dificuldades (como será discutido nesta dissertação, mais adiante) em compreender gráficos e funções associados aos tipos de movimentos (retilíneo uniforme, acelerado, etc.). Contudo, a maioria dos trabalhos desenvolvidos com o software Modellus, pelo menos no Brasil, ainda é para o processo de ensino/aprendizagem em nível superior. Como alguns exemplos, podem ser citados os trabalhos de:

- Carlos Aguiar, quem elaborou um material didático impresso para um curso de Física para alunos de um curso superior à distância. O objetivo desse material foi levar os alunos ao conhecimento do software Modellus e ao contato com alguns exemplos de sua utilização (AGUIAR, 2006a);

- Araujo, Veit e Moreira, que analisaram as principais dificuldades que os estudantes encontram na interpretação de gráficos da Cinemática, e a aplicação de uma proposta de atividades de modelagem computacional, que visava à superação das dificuldades mencionadas. O público alvo era formado por alunos do curso de Física da UFRGS (ARAUJO et al., 2004);

- Boldo e Ciani, os quais investigaram as potencialidades do software Modellus para a modelagem de equações diferenciais representantes da dinâmica de osciladores não-lineares, presentes nos curso de Engenharia, Física e Economia (BOLDO e CIANI, 2007);

- Dorneles, Araujo e Veit, os quais analisaram diferentes concepções dos alunos no aprendizado de circuitos elétricos simples e apresentaram um conjunto de atividades que envolveram simulação e modelagem. Os alunos, participantes deste trabalho, foram da disciplina de “Eletricidade e Magnetismo” de cursos de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (DORNELES et al.,2006). Em trabalho posterior, ainda utilizando atividades de simulação e modelagem com alunos de cursos de Engenharia, mais especificamente na disciplina “Física II-C” (Eletromagnetismo), foi realizada, entre outras, a análise das dificuldades encontradas pelos alunos na aprendizagem de circuitos RLC e como a

estratégia didática os auxiliou na sua superação de tais dificuldades (DORNELES et al., 2008); e

- Ribeiro, Jesus e Alves, que apresentam uma proposta para a construção de conceitos físicos através de simulações computacionais no estudo de sistemas oscilatórios. O público alvo éramos alunos de uma turma de Engenharia Civil, da Universidade de Feira de Santana, na disciplina de Física Geral II (RIBEIRO et al., 2005).

Embora se encontrem recomendações para a aplicação da modelagem matemática usando o software Modellus em nível de Ensino Médio [(VEIT et al., 2002); (VEIT e TEODORO, 2002)], poucos são os registros que discutem propostas e resultados da aplicação desse software na faixa escolar alvo de nossas investigações. Entre eles, pode-se citar:

- Santos, Alves e Moret, apresentam quatro animações interativas desenvolvidas sobre o tema Mecânica (lançamento horizontal, queda livre, pêndulo simples e conservação de energia), para alunos da 1ª e da 3ª série do Ensino Médio, do Colégio Militar de Salvador (SANTOS et al., 2006); e

- Mendes, Costa e Sousa, os quais apresentam os resultados de um estudo sobre a efetividade da interação entre teoria, simulação computacional com o software Modellus e atividades experimentais em tópicos de Mecânica (as leis de Newton). O público alvo foram estudantes da 1ª série de Ensino Médio do Centro Educacional 07 da cidade satélite de Ceilândia – DF (MENDES et al., 2012);

Quanto às pesquisas desenvolvidas no exterior, o que se encontra de mais atual são artigos Fanaro e Otero, da Universidade Nacional Del Centro de La Provincia de Buenos Aires, que propõem a utilização do software na forma de simulação para ao auxílio no ensino de mecânica quântica básica (FANARO e OTERO, 2008). E Neves, Silva e Teodoro, da Universidade Nova de Lisboa, que defendem a utilização do software em cursos tanto em nível superior (NEVES et al., 2009) como em Ensino Médio (NEVES et al., 2010).

Pela própria experiência da pesquisadora, mesmo quando a escola possui toda infraestrutura necessária, percebe-se que são poucos os professores que se sentem motivados a realizar atividades de ensino nos laboratórios de informática. Entre as razões disso, encontram-se questões de preparação do professor, evidentemente. Contudo, para um professor capacitado, por vezes, pode ainda haver a expectativa de que ocorrerá a dispersão da

atenção dos alunos com atrativos existentes nas máquinas (conexão a internet, jogos, etc.) no transcorrer das atividades e, conseqüentemente, a ideia de que a aula e o tempo de todos serão perdidos. No caso de disciplinas de Ciências Exatas, como as de Física, ainda há dúvidas sobre o quão motivador e bem sucedido (o aprendizado) seria o tratamento dos problemas com ferramentas computacionais (ainda mais aquelas envolvendo modelagem matemática). Mas, não seria exatamente o uso de ferramentas como essas, as quais exigem a construção dos próprios modelos para as simulações e representações, que possibilitaria maior atenção e dedicação do aluno assim como um aprendizado efetivo?

A falta de uso de tecnologias, entre elas o computador, no processo de ensino/aprendizagem, faz com que os professores se afastem da proposta de que “a Física ensinada na escola deve ser pensada como um elemento básico para a compreensão e a ação no mundo contemporâneo e para a satisfação cultural de hoje” (Currículo do Estado de São Paulo, 2010, p. 96). As ideias acima desenvolvidas podem ser reforçadas pela citação a seguir:

A escola está cada vez mais distante da realidade dos estudantes. Os avanços tecnológicos e mesmo em pesquisa em ensino aprendizagem, não têm sido utilizados de forma ampla ou adequada à demanda da sociedade contemporânea. Os sujeitos da aprendizagem (estudantes) buscam uma escola mais aberta e ligada ao que eles conhecem ou têm contato, mas esta parece ainda não estar adaptada e, de certa forma receosa em trazer o novo para o dia-dia de seu trabalho. (FFREITAS, 2009, p.35)

Por isso, entre os objetivos gerais citados na introdução deste trabalho está a análise não somente dos aspectos relacionados ao tratamento do conteúdo, como também, aqueles relacionados às facilidades e dificuldades para o uso de ferramentas tecnológicas (no caso, informática com modelagem matemática para o ensino de Física) no ambiente escolar, com o intuito de se propor estratégias didáticas em que os sujeitos da aprendizagem se aproximem, cada vez mais, de suas realidades.

Capítulo 2 - Metodologia

2.1 Proposta da sequência de atividades com modelagem e simulação envolvendo conceitos de Cinemática

A sequência de atividades desenvolvida está dividida em quatro etapas, segundo seus objetivos específicos (Figura 1). Na primeira delas, avaliam-se os conhecimentos prévios dos alunos – aqui sugeridos que sejam da primeira série o Ensino Médio – em relação aos conteúdos relacionados à Cinemática³, tais como, conceitos de distância, espaço, velocidade e interpretação de funções e gráficos. A segunda é constituída pela introdução da modelagem matemática, apresentando o software Modellus e suas operações básicas para construir uma simulação simples, e que é realizada em conjunto com os próprios alunos. A terceira etapa da sequência consiste, ainda, em algumas aulas para o desenvolvimento da modelagem (e conseqüente simulação), a ser criada e construída pelos próprios alunos, mas acompanhada de estímulos pelo professor para a utilização de recursos mais complexos, tanto em relação ao software quanto à exploração de conceitos de Cinemática (intervalos condicionais, diversidade de variáveis, uso de tabelas e gráficos, etc.). Há também uma orientação de conteúdo (no caso, do professor) para que, se necessário (como resultado da análise do questionário diagnóstico da primeira etapa), haja mudanças e/ou quebras das concepções alternativas. Ainda nesta etapa, inclui-se o levantamento do depoimento dos alunos para a compreensão de como se sentiram em relação à prática desenvolvida, tanto quanto ao uso da ferramenta, quanto da aprendizagem dos conceitos. Como quarta e última etapa, é aplicado um questionário para a avaliação da aprendizagem dos conceitos.

Para as etapas descritas acima, foi elaborado um cronograma de aplicação para a sequência de atividades. Propõe-se que a primeira etapa deva ter a duração de, pelo menos, uma aula (de 90 minutos), na qual é feita a aplicação do questionário diagnóstico. Portanto, não precisa ser realizada em um laboratório de informática⁴. Na segunda etapa, porém, faz-se necessária a utilização do laboratório de informática da escola para que a aula transcorra como planejada. O tempo previsto para esta etapa também é de uma aula de 90 minutos, a qual pode ser desenvolvida com os alunos utilizando os computadores, ao mesmo tempo em que recebem algumas orientações e propostas do professor. Para o melhor andamento da aula, havendo a disponibilidade de um projetor multimídia, o mesmo poderá ser utilizado para uma

³ A escolha desse tema será justificada adiante, na seção 3.2.1.

⁴ A menos que o professor queira registrar as respostas em um ambiente virtual.

rápida apresentação sobre o software Modellus (no caso deste trabalho, sobre a versão mais atual, a 4.01), ao mesmo tempo em que os alunos têm acesso ao software em seus computadores. Versões mais antigas, por exemplo, Modellus 2.5, podem ser utilizadas, porém as simulações da versão 4.01 são visualmente mais atraentes aos alunos e professores. A sugestão do cronograma de aplicação, no total de 7 aulas de 90 minutos, está descrita na Tabela 1.

Figura 2 – Sequência de atividades proposta neste trabalho para a aprendizagem de conceitos (no caso, Cinemática) com o uso da modelagem matemática, utilizando o software Modellus, a ser aplicadas com alunos do primeiro ano do Ensino Médio.

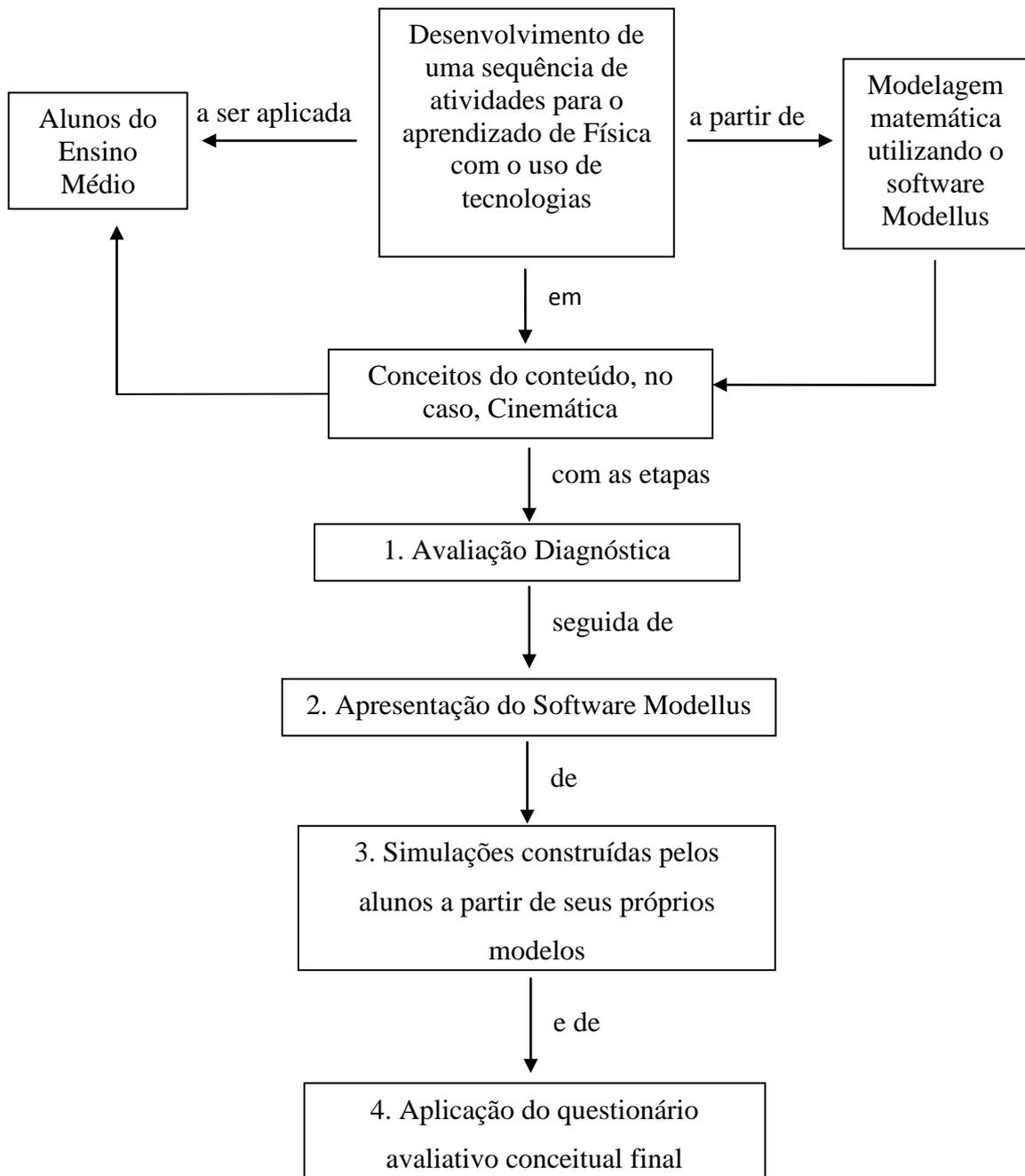


Tabela 1 - Cronograma de aplicação da sequência de atividades, indicada na Figura 2, em duração e número de aulas

Etapas	Número de Aulas / Duração	Descrição
1ª Atividade em sala de aula	1 aula / 90 min.	Aplicação do questionário diagnóstico
2ª Atividade no Laboratório de Informática	1 aula / 90 min.	Apresentação do Software Modellus, com exemplo da construção de uma simulação
3ª Atividade no Laboratório de Informática	4 aulas / 360 min.	Criação das simulações pelos alunos
4ª Atividade em sala de aula	1 aula / 90 min.	Aplicação do questionário avaliativo

Fonte: autoria própria.

2.2 Desenvolvimento da sequência de atividades: caso do tema Cinemática

2.2.1 Escolha do tema e adaptação da sequência

Pela prática da pesquisadora é perceptível que a maior parte dos professores, em instituições públicas e privadas, inicia o ano letivo da primeira série do Ensino Médio sempre da mesma maneira: com o conteúdo sobre corpos em movimento. Este conteúdo aparece como primeiro tópico de Cinemática nos livros didáticos, sendo detalhado, primeiramente, pelo movimento retilíneo uniforme e, posteriormente, pelo retilíneo uniformemente variado, com resolução de funções horárias e interpretação de gráficos para os respectivos movimentos.

Atualmente, a aplicação do Currículo do Estado de São Paulo é uma realidade em todas as escolas públicas estaduais. Nela, encontra-se um quadro de conteúdos e habilidades a serem trabalhadas no primeiro bimestre na primeira série do Ensino Médio, como transcrito a seguir:

Conteúdos: Movimentos – Grandezas, variações e conservações

Identificação, caracterização e estimativas de grandezas do movimento

- *Observação de movimentos do cotidiano – distância percorrida, tempo, velocidade, massa etc.*

- *Sistematização dos movimentos segundo trajetórias, variações e velocidade etc.*
- *Estimativas e procedimentos de medidas de tempo, percurso, velocidade média etc.*

Habilidades:

- *Identificar movimentos que se realizam no dia-a-dia e a grandezas relevantes que os caracterizam.*
- *Reconhecer características comuns aos movimentos e sistematizá-las segundo trajetórias, variações de velocidade e outras variáveis.*
- *Fazer estimativas, realizar ou interpretar medidas e escolher procedimentos para caracterizar deslocamentos, tempos de percurso e variações de velocidade em situações reais.*
- *Identificar diferentes formas de representar movimentos, como trajetórias, gráficos, funções etc.* (Currículo do Estado de São Paulo, 2010, p.103).

Assim, o conteúdo de início da primeira série do Ensino Médio, tanto antes como depois do Currículo do Estado de São Paulo ser implantado nas escolas (na verdade, antes da Proposta Curricular que gerou o Currículo em 2010), é o mesmo. Em geral o tratamento desse conteúdo e suas conseqüentes habilidades é estendido pelo professor pelos três primeiros bimestres do primeiro ano. Comumente, as aulas são aplicadas no formato tradicional (expositivas). É relevante, portanto, que a maneira que esse assunto é abordado seja diferenciada e estimulante aos alunos, para que seu aprendizado seja facilitado e, idealmente dentro de seu período mais curto (dentro da previsão do próprio Currículo) para que o restante do conteúdo de primeiro ano possa ser trabalhado.

Unindo a necessidade de aulas que motivem os alunos ao primeiro conteúdo abordado pelo Currículo do Estado de São Paulo, neste trabalho, teve-se a preocupação com a adaptação da seqüência de atividades para o tema Cinemática. Na verdade, a seqüência de atividades, apresentada na seção anterior (Figura 2), pode ser adaptada para diversos outros temas, levando-se em conta o currículo de cada Estado e as necessidades didático-metodológicas dos professores que nele lecionam.

2.2.2 Produção do questionário diagnóstico

Para a etapa de levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos foi elaborado um questionário, dividido em dois blocos: categoria I e categoria II. Na Categoria I, existem questões que envolvem conceitos da Física como: espaço, tempo, distância e velocidade. As questões desta seção foram retiradas, ou adaptadas, de livros de Física (para o Ensino Médio), do Caderno do Aluno, distribuído pela Secretaria de Ensino do Estado de São Paulo e criadas pela pesquisadora, que utilizou como base sua vivência em sala de aula.

Na Categoria II, foram utilizadas questões que envolvem o conhecimento de gráficos e funções, retiradas de questionários⁵ do artigo de Araujo, Veit e Moreira (2004) sobre atividades de modelagem computacional para auxiliar a interpretação de gráficos da Cinemática (ARAUJO et al., 2004).

O questionário diagnóstico, na versão entregue aos alunos, encontra-se no Anexo I. A Tabela 2, mostra de maneira mais detalhada as justificativas para a escolha das questões⁶ propostas no questionário diagnóstico. Como as questões foram para o formato de respostas breves e objetivas (“sim”, “não” e “não sei responder”) optou-se pelo total de 20, na tentativa de garantir maior sensibilidade de percepção das concepções, facilidades e dificuldades dos alunos sobre o tema abordado quando da análise dos resultados.

Tabela 2 – Taxonomia do questionário diagnóstico aplicado na primeira parte da sequência de atividades de ensino de Cinemática deste trabalho

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
01. Viajando por uma estrada é possível visualizar uma placa que indica que a cidade de São Pedro do Turvo está a 33 quilômetros. Esta informação significa o tempo que demoraremos a chegar até esta cidade?	Reconhecer quilômetro (km) como unidade de distância.	I /Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009)

⁵ Os questionários originais desses autores estão acessíveis no endereço eletrônico <http://www.if.ufrgs.br/gpef/tugk.zip> (ARAUJO et al., 2004).

⁶ Para que as questões fossem apresentadas em tabelas algumas alterações tornaram-se necessárias.

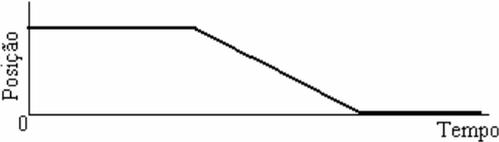
(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>02. A comemoração de fim de ano, na casa dos pais do <prof^o <i>Fillipi</i>>, iniciou-se às 22 horas e 45 minutos do dia 31 de dezembro, terminando às 2 horas e 20 minutos do dia 1º de janeiro do ano seguinte. É correto afirmar que esta comemoração durou 4 horas e 25 minutos?</p>	<p>Trabalhar as transformações nas unidades de tempo, horas em minutos ou o inverso.</p>	<p>I/Pesquisadora</p>
<p>03. Por que a velocidade dos veículos é expressa em unidade de distância dividida por unidade de tempo, como km/h ou m/s ou cm/s?</p>	<p>Perceber que o conceito de velocidade é uma relação (razão) da distância percorrida em determinado período de tempo</p>	<p>I/Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009)</p>
<p>04. Na maioria das rodovias brasileiras, a velocidade máxima permitida é de 110 km/h. Isso significa que o máximo que um carro pode percorrer em uma hora são 110 quilômetros?</p>	<p>Entender o significado de velocidade máxima e interpretar a unidade km/h.</p>	<p>I/Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009)</p>
<p>05. É normal no cotidiano, nas ruas de uma cidade qualquer, os carros atingirem uma velocidade de 17 m/s?</p>	<p>Transformar a velocidade de m/s em km/h, para assim conseguir relacionar com o seu cotidiano.</p>	<p>I/Pesquisadora</p>

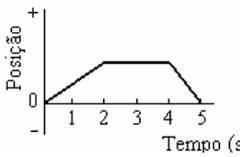
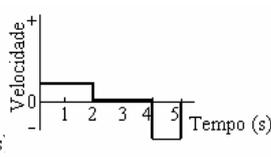
(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>06. Quando dizemos que um carro se move com movimento uniforme significa dizer que se movimenta somente em linha reta?</p>	<p>Entender e interpretar o termo “movimento uniforme” utilizado pela Cinemática.</p>	<p>I/Pesquisadora</p>
<p>07. Quando dizemos que um carro se move com movimento uniformemente variado significa dizer que sua velocidade não se altera durante o percurso?</p>	<p>Entender e interpretar o termo “movimento uniformemente variado” utilizado pela Cinemática.</p>	<p>I/Pesquisadora</p>
<p>08. Se uma pessoa anda 2 km em 30 minutos, a sua velocidade, admitida constante, é de 4 km/h?</p>	<p>Converter unidades de tempo.</p>	<p>I/Pesquisadora</p>
<p>09. Um determinado carro sai do repouso e atinge a velocidade de 30 m/s em 10 segundos. Isso significa que este carro percorre 30 metros em 10 segundos?</p>	<p>Entender o significado da aceleração de um corpo.</p>	<p>I/Adaptadas de Máximo e Alvarenga (2007)</p>

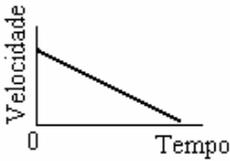
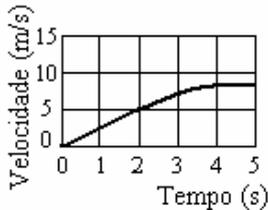
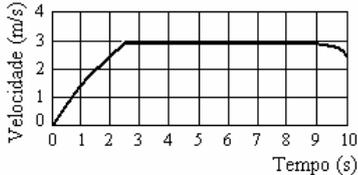
(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>10. Um automóvel se desloca obedecendo à seguinte função horária: $s = -50 + 20t$, seria possível afirmar que a posição de onde esse automóvel iniciou seu movimento foi em 25 m?</p>	<p>Compreender os significados dos termos tais como, espaço inicial, final e velocidade constante, na equação matemática do espaço em função do tempo e o conceito de sistema de referência.</p>	<p>I/Adaptadas de Máximo e Alvarenga (2007)</p>
<p>11. O gráfico abaixo descreve o movimento de um objeto. A interpretação correta desse movimento é de que o objeto rola ao longo de uma superfície plana, então, ele desce um plano inclinado e finalmente para?</p>	<p>Entender o que acontece com o movimento de um corpo a partir da interpretação de um gráfico de espaço x tempo.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
		

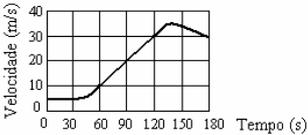
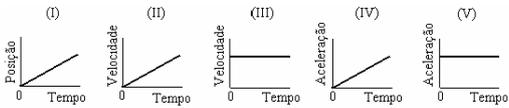
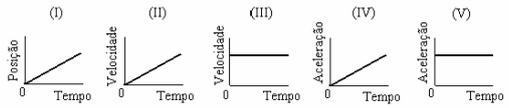
(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>12. Analisando o gráfico ao lado, que representa o movimento de um objeto, a velocidade deste objeto no instante de tempo 2 segundos é 2,5m/s?</p>	<p>Calcular a velocidade constante de um móvel a partir dos valores obtidos em um gráfico de espaço x tempo.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>13. O gráfico abaixo representa o movimento de um objeto. A interpretação desse movimento é de que o objeto está se movendo com velocidade constante?</p>	<p>Saber reconhecer gráficos para objetos em movimento, com velocidade constante.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>14. Segue abaixo o gráfico posição <i>versus</i> tempo (figura 1) para um objeto durante um intervalo de 5s. É correto utilizar o gráfico <i>versus</i> tempo abaixo (figura 2) para representar o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?</p>	<p>A partir da interpretação do gráfico espaço x tempo, construir um de velocidade x tempo.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>(Figura 1)</p>  <p>(Figura 2)</p> 		

(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>15. O gráfico representa o movimento de um objeto. A interpretação desse movimento é de que o objeto se move com uma velocidade que aumenta uniformemente?</p> 	<p>Interpretar gráficos de velocidade x tempo.</p>	<p>de II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>16. Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de $t = 0$ s até $t = 2$ s, a partir do gráfico abaixo, você poderia ler o valor 5 diretamente no eixo vertical?</p> 	<p>Interpretar o gráfico de velocidade x tempo e relacioná-lo com a variação do espaço.</p>	<p>de II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>17. Um objeto se move de acordo com o gráfico abaixo. O seu deslocamento entre os tempos $t = 4$ s e $t = 8$ s é de 12m?</p> 	<p>Calcular o deslocamento de um móvel por meio do gráfico de velocidade x tempo.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>

(Continuação) Tabela 2

Questões	Justificativa motivadora: dificuldades encontradas pelos alunos	Categoria/Referência
<p>18. O gráfico mostra a velocidade em função do tempo para um carro de massa $1,5 \times 10^3$ kg. A aceleração deste carro em $t = 90$ s é de $0,22$ m/s^2?</p> 	<p>Quais valores são relevantes e como calcular a aceleração de um móvel por meio do gráfico de velocidade x tempo.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>19. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:</p> 	<p>Entender e identificar quais gráficos são utilizados para movimentos sem aceleração.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>Qual(is) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?</p>		
<p>20. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:</p> 	<p>Entender e identificar quais gráficos são utilizados para movimentos com aceleração.</p>	<p>II/Araujo et al. (2004)</p>
<p>Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?</p>		

2.2.3 Apresentação das ferramentas básicas de modelagem matemática para construção de simulações com o software Modellus

Como citado na seção 2 deste trabalho, o Modellus é um programa gratuito de modelagem matemática, desenvolvido especialmente para ser uma ferramenta de ensino/aprendizagem, por pesquisadores da Universidade Nova de Lisboa (UNL)⁷. A partir de sua utilização, alunos e professores podem criar e explorar modelos matemáticos aplicáveis em seus cotidianos. Estes modelos podem incluir ferramentas matemáticas mais complexas (como derivadas) se utilizados para as aulas no ensino superior, mas também podem utilizar as expressões mais simples, tais como as encontradas nos livros didáticos do Ensino Médio.

Uma característica interessante desse programa é que ele permite explorar diversas representações do modelo (físico, no nosso caso) em estudo. Em uma tela, a de animação, por exemplo, pode-se observar um objeto em movimento gerado como simulação de um modelo (matemático) criado pelo próprio usuário. Além disso, as grandezas e os parâmetros do modelo podem ser dispostos, nessa mesma tela, em tabelas e gráficos animados. Assim, possibilita ao aluno a criação e a fixação de modelos mentais apropriadamente facilitadas.

Com os alunos, o Modellus pode ser utilizado de duas formas: como simulador, com animações previamente construídas pelos professores. Nessa situação, o aluno interage com a escolha de dados, ou seja, com as alterações de alguns parâmetros, sem o “controle” sobre o modelo físico “por trás da simulação”. Nesse caso, os modelos matemáticos podem estar ou não acessíveis aos alunos, condições que o software permite ao criador da simulação controlar, ou ainda, com uma linguagem matemática desconhecida para estes alunos. A segunda maneira, expressa por Carlos Eduardo Aguiar (2006) como sendo quando os alunos “constroem seus próprios modelos e determinam a maneira de representar seus resultados” (AGUIAR, 2006, p.2). Assim, conseguem compreender o modelo físico, pois controlam sua construção com as ferramentas matemáticas acessíveis aos cotidianos escolares.

Para a obtenção do programa é necessário o cadastramento (gratuito) na página da web de acesso <http://modellus.fct.unl.pt/>; por quem está fazendo o download do arquivo.

⁷ Criado pelo Professor Vitor Duarte Teodoro, da Universidade Nova de Lisboa, desenvolvido por João Paulo Duque Vieira e Filipe Costa Clérigo, com o lançamento de sua primeira versão em 1996. Hoje está na 4.01 (VEIT e MORS, 2004).

Isto feito, pode-se ter acesso a fórum e tutoriais completos sobre a utilização e aplicação do software. Uma apresentação multimídia sobre as funções básicas dessa versão, disponibilizada aos alunos durante o início da construção das próprias simulações, foi preparada especificamente para a aplicação da sequência de atividades e encontra-se no anexo V. Sua aplicação faz parte da 2ª etapa da sequência de atividades, como representada na Figura 2.

Essa apresentação mostra somente as ferramentas úteis para quem está iniciando a utilização do software, esperando-se que o aprofundamento (com o apoio do professor) ocorra naturalmente, durante as modelagens, dependendo das necessidades que aparecerem.

2.2.4 Acompanhamento das simulações desenvolvidas pelos alunos

A 3ª etapa da sequência de atividades (diagrama da Figura 2), conta com quatro aulas de 90 minutos para a criação das modelagens/simulações pelos próprios alunos. Todas as aulas dessa etapa foram planejadas para serem realizadas no laboratório de informática da escola.

No início da primeira aula, antes da construção da simulação, disponibiliza-se um período (de aproximadamente quinze minutos, por exemplo) para que os alunos possam discutir sobre o movimento retilíneo com velocidade constante. Este momento é antecedido pela recomendação de que, no mínimo, um aluno de cada grupo compareça com o material utilizado nas aulas de Física (por exemplo, o livro didático), para que consulte eventualmente o conteúdo a ser abordado.

Como os participantes já tiveram contato com as ferramentas básicas do software Modellus na etapa da sequência de atividades anterior (2ª etapa), para a construção da primeira simulação pelo próprio aluno, apresenta-se uma situação-problema para que os grupos decidam como resolvê-la. Nesse momento, há apenas orientações para as dúvidas e os questionamentos que surgirem.

A proposta de uma situação-problema simples, como a que foi utilizada neste trabalho é citada a seguir:

“Façam com que um objeto seja colocado para se movimentar em linha reta e com velocidade constante. A escolha dos parâmetros iniciais – tais como posição inicial,

velocidade da partícula e tempo que esta partícula permanecerá em movimento – deve ser decidida pelo grupo.” A construção dessa primeira simulação toma o restante da aula. Ao término desta, recomenda-se aos alunos que as simulações sejam salvas nos computadores em que os grupos se encontram. Como segurança, é interessante, também, salvar uma cópia dos arquivos (e os de outras aulas) em alguma mídia de “back up”, que deve ser mantida com o professor.

A segunda situação-problema, para os alunos construírem nova(s) simulação(ões) durante a segunda, terceira e quarta aulas, está planejada sobre os conceitos cujas dúvidas estão entre as mais observadas na análise do questionário diagnóstico. Tais conceitos envolvem a compreensão das relações entre deslocamento e tempo de objetos em movimento retilíneo uniformemente constante e variado (MRU e MRUV, respectivamente).

No pacote do software Modellus, existem vários arquivos com exemplos de simulações. O arquivo denominado “*dog and graph, an exploration on the meaning of position-time graphs.modellus*”, da pasta “Examples”, apresenta uma simulação para o caso do MRU. Porém, baseia-se em modelo matemático que utiliza a definição de velocidade como derivada do espaço em função do tempo (como pode ser verificado na Figura 3). Para as orientações das simulações a serem construídas pelos alunos, as atividades podem ser baseadas nesse exemplo, mas sugere-se que o modelo matemático siga as tradicionais equações (dos MRU e MRUV), representadas nos livros didáticos do Ensino Médio.

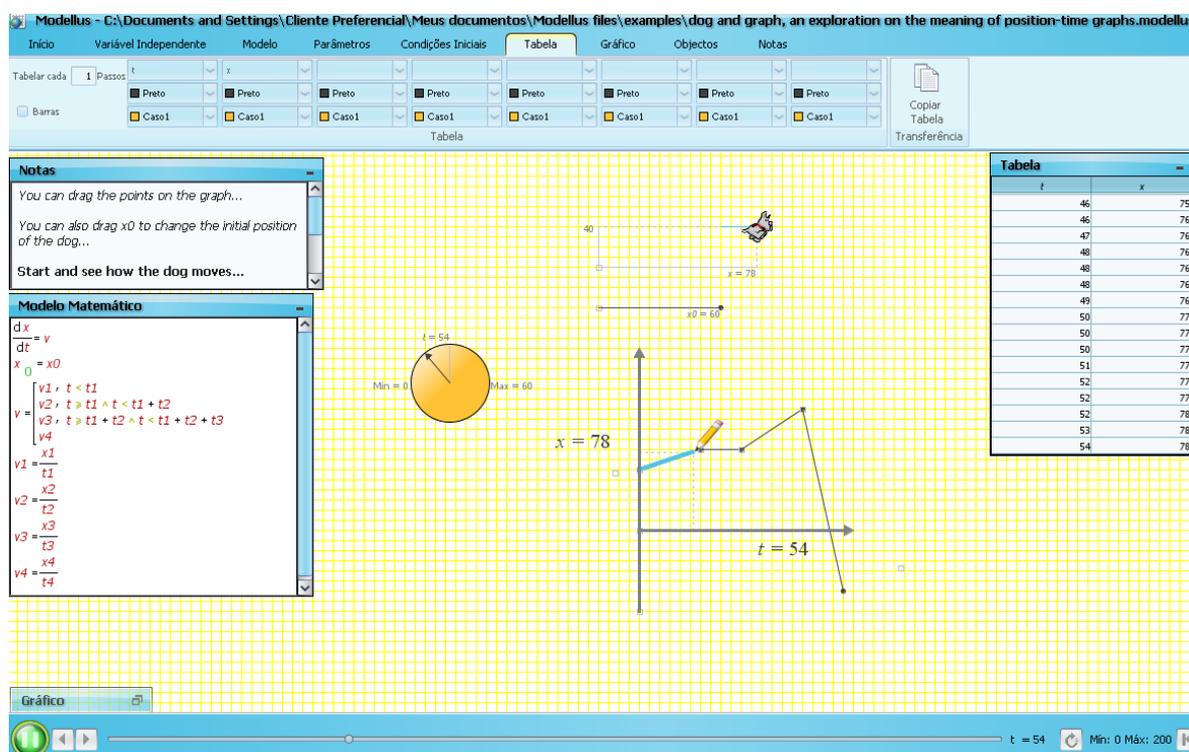
Entre as orientações a serem realizadas, no caso do MRU, há: “construam uma simulação na qual um objeto se movimenta com velocidade constante, quando por motivo qualquer este é obrigado a permanecer em repouso por determinado período de tempo. Posteriormente, continua a se movimentar com velocidade constante, porém maior que a utilizada no primeiro intervalo e, de repente, o objeto se vê obrigado a voltar para ponto em que havia partido. Lembrando que o ambiente virtual no qual isto ocorre e as velocidades utilizadas devem ser idealizadas pelos participantes dos grupos”.

As classificações dos movimentos e as interpretações dos gráficos *espaço x tempo* e *velocidade x tempo* (para o MRU) devem ser abordados e discutidos com os alunos após a finalização da construção da simulação e, portanto, até o término da terceira aula.

Durante a quarta e última aula da 3ª etapa a análise é sobre movimento uniformemente variado: com orientação do tipo: “um objeto deverá iniciar seu movimento

com posição e velocidade iniciais zero e possuir aceleração constante. O valor da aceleração e o tempo de duração desse movimento devem ser escolhidos pelo grupo”.

Figura 3 – Arquivo *dog and graph, an exploration on the meaning of position-time graphs.modellus*, utilizado como referência para o planejamento da segunda e terceira aulas na 3º etapa.



Antes da construção da simulação citada no parágrafo anterior, pode-se disponibilizar um período de aproximadamente quinze minutos aos alunos para que discutam sobre o movimento uniformemente variado, consultando, eventualmente, o livro didático e o professor, repetindo-se o procedimento adotado na primeira aula dessa etapa, na qual se trabalhou com o movimento uniforme.

2.2.5 Produção do questionário avaliativo

Para analisar se a sequência de atividades proposta foi facilitadora do aprendizado dos conceitos e relações, sugere-se a aplicação de um questionário avaliativo ao final do processo. A versão para os alunos encontra-se no Anexo III. Ele é composto por onze questões dissertativas (algumas com subitens), cujas justificativas de aplicação estão na Tabela 3.

Como o questionário diagnóstico foi aplicado no início das atividades e, portanto a pesquisadora desconhecia o conhecimento prévio dos alunos acerca das questões,

optou-se por uma forma de questões com respostas direcionadas. Já o questionário avaliativo, aplicado ao final das atividades, foi apresentado de forma que o aluno pudesse demonstrar mais amplamente a aprendizagem adquirida ao longo do processo.

Há uma evolução na complexidade de conceitos e de suas relações no decorrer das questões desde as que envolvem conceitos de espaço, tempo, distância e velocidade, até as que abordam funções e gráficos para serem interpretados ou construídos utilizando alguns cálculos.

É importante que as respostas do questionário diagnóstico não sejam discutidas com os alunos anteriormente à etapa de aplicação do questionário avaliativo, para que se valide a comparação dos resultados e se concretize a análise de que a sequência de atividades foi (ou não) facilitadora do aprendizado.

Porém, para a análise da facilidade do aprendizado dos conceitos e relações propostos sugere-se, também, que não seja totalmente embasada na resolução de exercícios do tipo “lápiz e papel”, como é, no caso, o questionário avaliativo.

Durante o transcorrer das atividades planejadas para o laboratório de informática, deve-se avaliar se o aluno, através da análise e discussão de evidências e situações-problema propostas, consegue construir conhecimento científico apropriado, de modo a interpretar e compreender leis e modelos científicos. Perceber se o aluno consegue fazer observações; executar as experiências; avaliar os resultados obtidos; planejar e realizar as investigações; e elaborar e interpretar representações gráficas. Se os estudantes conseguem, ainda, raciocinar nas situações de aprendizagem centradas na resolução de problemas, e se comunicar a partir das situações de aprendizagem, envolvendo o uso de linguagem científica. E, além disso, registrar o desenvolvimento de sua curiosidade; perseverança e seriedade no trabalho.

Para confirmar as ideias trazidas no parágrafo anterior, cita-se o Currículo Nacional, o qual recomenda que o aluno, ao final do ensino básico (atualmente, incluindo o Ensino Médio) alcance:

...o desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios como o do conhecimento (substantivo, processual e epistemológico), do raciocínio, da comunicação e das atitudes. Tal exige o envolvimento dos alunos no processo ensino aprendizagem, através de experiências

educativas diferenciadas que a escola lhes proporciona... (Currículo Nacional 2001, p.132).

A tabela disposta abaixo mostra as justificativas que motivaram a escolha das questões⁸ para o questionário avaliativo.

Tabela 3 - Justificativas que motivaram a escolha das questões para o questionário avaliativo.

Questões	Justificativa motivadora, objetivos para a aprendizagem do aluno	Referência
<p>01. A comemoração de aniversário da professora Daniela iniciou-se às 22 horas e 45 minutos do dia 20 de novembro, terminando às 2 horas e 20 minutos do dia 21 de novembro do mesmo ano. Qual foi o intervalo de tempo, no sistema internacional de unidades, que durou essa comemoração?</p>	<p>Compreender intervalos de tempo, trabalhar as transformações em suas unidades e reconhecer o Sistema Internacional de Unidades. (Associado à questão 02 do questionário diagnóstico)</p>	<p>Pesquisadora</p>
<p>02. Viajando por uma estrada é possível visualizar uma placa que indica que a cidade de Cordeirópolis está a 12 quilômetros. Utilizando seus conhecimentos de cinemática, interprete: qual é a informação fornecida por esta placa?</p>	<p>Reconhecer quilômetro (Km) como unidade de distância. (Associado à questão 01 do questionário diagnóstico)</p>	<p>Adaptada do Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009).</p>

⁸ Para que as questões fossem apresentadas em tabelas algumas alterações, nos textos e na sequencia, tornaram-se necessárias.

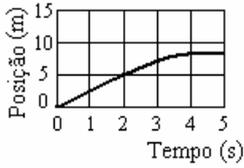
(Continuação) Tabela 3

Questões	Justificativa motivadora, objetivos para a aprendizagem do aluno	Referência
<p>03. Na maioria das rodovias Brasileiras, a velocidade máxima permitida é de 110 Km/h. Supondo que o motorista mantenha sempre a velocidade máxima permitida, qual será a distância percorrida por ele após um período de 2 horas?</p>	<p>Perceber que o conceito de velocidade é uma relação (razão) da distância percorrida em determinado período de tempo, entender o significado de velocidade máxima e interpretar a unidade km/h. (Associado às questões 03, 04, e 05 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Adaptada do Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009).</p>
<p>04. Se uma pessoa caminha 2 km em 0,5 h, com movimento uniforme, calcule o valor de sua velocidade no S.I.</p>	<p>Entender e interpretar o termo “movimento uniforme” utilizado pela Cinemática; perceber que velocidade é uma relação (razão) da distância percorrida em determinado período de tempo; e reconhecer o termo “S.I.” como Sistema Internacional de Medidas. (Associado à questão 08 do questionário diagnóstico)</p>	<p>Pesquisadora</p>

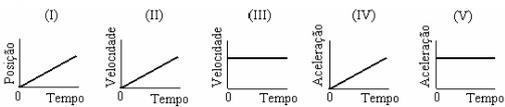
(Continuação) Tabela 3

Questões	Justificativa motivadora, objetivos para a aprendizagem do aluno	Referência
<p>05. Explique, utilizando termos aprendidos nas aulas de Física, o significado correto para os valores da aceleração que é expressa em unidades de distância divididas por unidades de tempo elevada ao quadrado, por exemplo, 4 m/s^2.</p>	<p>Entender o significado da aceleração de um corpo. (Associado à questão 09 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Adaptada do Caderno do aluno Ensino Médio 1ª Série volume 1 (2009).</p>
<p>06. Um automóvel possui uma velocidade de 10 m/s no instante em que o motorista pisa no acelerador. Isto comunica ao carro uma aceleração constante, que faz com que sua velocidade aumente para 20 m/s em 5 s. Considere $t = 0$ no instante em que o motorista pisa no acelerador e calcule a aceleração do automóvel.</p>	<p>Após entender o significado da aceleração de um corpo, saber como encontrar o valor para essa aceleração. (Associado às questões 07 e 09 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Máximo e Alvarenga (2007, p.53).</p>
<p>07. Quando um corpo está em movimento retilíneo uniforme, com velocidade V constante, qual é a expressão matemática que nos permite calcular a distância d que ele percorre após decorrido um tempo t?</p>	<p>Compreender os significados dos termos (variação de espaço e velocidade constante) na equação matemática do espaço em função do tempo. (Associado às questões 06 e 10 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Máximo e Alvarenga (2007, p.44).</p>

(Continuação) Tabela 3

Questões	Justificativa motivadora, objetivos para a aprendizagem do aluno	Referência
<p>08. Usando a expressão solicitada no exercício anterior, calcule:</p> <p>a) A distância percorrida por um carro que se movimenta com velocidade constante $v = 54\text{km/h}$, durante um tempo $t = 0,50\text{ h}$.</p> <p>b) A velocidade, supostamente, constante de um nadador (recordista mundial) que percorre uma distância $d = 100\text{ m}$, com nado livre, em um tempo $t = 50\text{ s}$.</p>	<p>Após compreendidos os significados dos termos na equação matemática do espaço em função do tempo, conseguir utilizá-la para a resolução de exercícios. (Associado às questões 06 e 10 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Máximo e Alvarenga, (2007, p.44).</p>
<p>09. O gráfico ao lado descreve o movimento de um objeto.</p>  <p>a) Observando o gráfico acima comente se o objeto realmente se encontra em movimento, qual o tipo de movimento caso sim, e qual a velocidade possui, para o intervalo de tempo de 0 a 3 segundos.</p> <p>b) Analise o gráfico e faça as mesmas observações para o intervalo de tempo de 4 a 5 segundos.</p>	<p>Entender o que acontece com o movimento de um corpo através da interpretação de um gráfico de espaço x tempo. E conseguir obter os valores para o cálculo da velocidade constante de um móvel através do gráfico. (Associado às questões 06, 11, 12, 13 e 16 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Araujo et al. (2004)</p>

(Continuação) Tabela 3

Questões	Justificativa motivadora, objetivos para a aprendizagem do aluno	Referência
<p>10. a) Construa um gráfico $v \times t$ para um carro que se movimenta com velocidade constante $v = 50 \text{ km/h}$, durante um tempo de $t = 3,0\text{h}$.</p> <p>b) O que representa a área sob o gráfico que você desenhou? Qual o seu valor?</p>	<p>Conseguir construir e interpretar um gráfico de velocidade \times tempo e relacioná-lo com a variação do espaço, obtendo assim, o valor para o deslocamento de um objeto. (Associado às questões 14, 15 e 17 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Máximo e Alvarenga, (2007, p.53).</p>
<p>11. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:</p>  <p>a) Qual(is) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?</p> <p>b) Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?</p>	<p>Entender e identificar quais gráficos são utilizados para movimentos sem aceleração e para o movimento com aceleração. A autora optou por repetir as questões, 19 e 20 do questionário diagnóstico, pois foram os menores percentuais de acertos. (Associado às questões 06, 07, 19 e 20 do questionário diagnóstico).</p>	<p>Araujo et al. (2004)</p>

Capítulo 3 - Estudo de caso: aplicação da sequência de atividades

Para favorecer a autonomia dos estudantes na própria construção de seus conhecimentos científicos, foi feita a aplicação da sequência de atividades descrita anteriormente, com o uso de computadores. As aulas, na escola da rede privada de Rio Claro, ocorreram em encontros semanais (uma tarde por semana, com duração de 90 minutos), com alguns remanejamentos quando necessário. Não eram obrigatórias e delas participaram apenas os alunos que tiveram interesse no convite. Todos eram conhecidos, pois frequentavam as aulas de Química⁹ que a pesquisadora lecionava no horário regular do curso do Ensino Médio (em período inverso às aulas de aplicação da sequência de atividades). O grupo formado foi heterogêneo. Compareceram, entre os 21 alunos, desde aqueles que “adoram” Física e Matemática (dos quais se esperaria maior empenho e atenção nas atividades propostas), até os que tinham dificuldades nestas disciplinas, por desejarem entender um pouco mais sobre os conteúdos abordados.

O laboratório de informática da escola possui vinte máquinas em funcionamento com conexão à internet. Embora o uso do software Modellus possa ser “offline”, a vantagem da conexão com a rede mundial é a diversidade de escolhas de figuras e objetos que podem ser retirados de lá e anexados às simulações que estão sendo criadas.

O ambiente no qual esses alunos trabalharam pode ser visualizado na Figura 4. Este foi projetado para que o professor pudesse ter visualização de todas as telas dos computadores, evitando, assim, o acesso indevido, por parte dos alunos, a jogos e sites que desviariam o foco da aula. Além disso, os professores e alunos contam com o auxílio de um técnico em informática (havendo aulas agendadas ou não), o que faz com que as máquinas estejam sempre em funcionamento e quaisquer problemas que eventualmente ocorram possam ser solucionados rapidamente.

Figura 4 – Foto do Laboratório de informática no início de uma aula para a construção das simulações.



⁹ Embora a formação da pesquisadora seja em Licenciatura Plena e Bacharel em Física, esta pode também lecionar a disciplina de Química neste Colégio.

Os alunos, nesse caso, ficaram livres para escolher entre utilizar um computador por participante ou dividir uma máquina por dupla. A grande maioria optou pelo trabalho em dupla, somente três alunos optaram pelo trabalho individual. Dos que optaram pelo trabalho em duplas, quatro máquinas foram utilizadas por dois usuários cada, os demais, cada um em seu computador, construíram as mesmas simulações. Provavelmente este fato se deva a maior segurança que o aluno sente ao poder discutir os resultados.

3.1 Resultados do questionário diagnóstico

Os resultados obtidos no questionário diagnóstico serviram como norteadores para a interferência mais significativa da professora sobre os conteúdos, em alguns momentos, durante a construção das simulações, como apoio à aprendizagem. Tais resultados podem ser observados na Tabela 4, com as respectivas porcentagens de acertos. Entre as repostas que mostram as dificuldades dos alunos na compreensão dos conteúdos, destacam-se as do tipo “não sei responder”, cujo percentual também foi indicado na Tabela 4.

Apesar de não estar entre as questões com menores índices de acertos (62%), a terceira questão do questionário diagnóstico (“*Por que a velocidade dos veículos é expressa em unidade de distância dividida por unidade e tempo, como km/h ou m/s ou cm/s?*” Caderno do Aluno, 2009, p.7), está sendo discutida em destaque, pois, teve respostas¹⁰ que representam bem as dificuldades dos alunos. Conforme pode ser observado a seguir:

“Para saber qual a distância percorrida em certa distância.” (Aluno A).

“Para a gente saber a distância do veículo e a quanto tempo durou.” (Aluno B).

“Aprendi, mas não lembro.” (Aluno C).

“Não sei responder, mas aprendi.” (Aluno D).

“São as unidades de medida do sistema internacional.” (Aluno E).

“Sei lá :D” (Aluno F).

“Não sei responder!!!” (Aluno G).

“Porque nas rodovias a distância é expressa por km. Se fosse nos EUA seria em milhas” (Aluno H).

¹⁰ As repostas foram transcritas mantendo exatamente a forma como foram apresentadas pelos alunos.

Pelos exemplos apresentados acima, percebe-se que os alunos, nesse caso, não compreendem que a velocidade é a taxa de variação do espaço em relação ao tempo, e por isto é expressa em unidade de distância dividida por unidade de tempo, independente da unidade adotada. No entanto, vários professores introduzem o assunto MRU e MRUV no 1º ano do Ensino Médio usando “velocidade” como conceito já bem compreendido. Quando os alunos C e D descrevem que aprenderam o conteúdo, mas não conseguem responder a questão, fica claro que o aprendizado efetivo não ocorreu.

Para facilitar a análise das respostas às questões, a Tabela 4 as organiza em ordem crescente de acertos. Observando as porcentagens, percebe-se que, entre as oito questões com índice de acerto inferior a 50%, sete (a 20, 19, 12, 16, 18, 17 e 14) abordam a interpretação de gráficos. As justificativas para estas questões podem ser lembradas na Tabela 5.

A única questão com porcentagem de acertos inferior a 50% que não abordou a interpretação de gráficos: “*É normal no cotidiano, nas ruas de uma cidade qualquer, os carros atingirem uma velocidade de aproximadamente 17 m/s?*”, depara o aluno com um valor de velocidade em m/s que é comum aos carros que percorrem as ruas das cidades brasileiras e é equivalente a 60 km/h. As placas de principais avenidas em Rio Claro anunciam limite de velocidade de 60 km/h. Pode-se crer, então, que em geral, os alunos não associam as magnitudes das grandezas físicas utilizadas pra resolver exercícios durante as aulas quando elas estão nas unidades do S.I. que não pertencem ao seu dia a dia. Dessa maneira, questiona-se: será que os problemas trazidos pelos livros didáticos e apostilas, que são trabalhados nas aulas de Físicas tradicionais, atingem algum propósito educacional?

A Tabela 4 disposta a seguir mostra a porcentagem de acertos e de respostas “não sei responder” no questionário diagnóstico aplicados na instituição privada para o total de 21 alunos de uma turma da primeira série do Ensino Médio.

Tabela 4 - Porcentagem de acertos e de respostas “não sei responder” no questionário diagnóstico aplicados na instituição privada para o total de 21 alunos de uma turma da primeira série do Ensino Médio. As questões destacadas são aquelas que apresentam porcentagem de acerto inferior a 50%

Questão	Acerto (%)	Não sabiam responder (%)
20	5	5
19	14	0
12	28	10
16	33	15
18	38	57
05	43	0
17	43	19
14	44	28
07	52	5
04	57	0
08	57	19
03	62	33
11	67	0
13	67	0
09	71	5
10	80	10
02	81	0
06	86	0
15	90	0
01	100	0

Fonte: autoria própria

3.1.1 Resultados da adaptação da atividade para outro contexto escolar

Participando do projeto Observatório da Educação durante o ano de 2010, a pesquisadora teve contato com outros professores CAPES - UFSCar, das redes pública e particular de ensino. Uma professora¹¹ de Física interessou-se pelas atividades desta proposta e as adaptou em conjunto com a pesquisadora, para o cotidiano de sua escola e de seus alunos¹². Os resultados do questionário diagnóstico desse estudo de caso foram compartilhados em um encontro regional promovido pelo projeto e podem ser consultados na referência (BARSOTTI et al, 2010).

As atividades (1ª, 2ª e 3ª etapas) foram aplicadas pela professora Rejane com 34 alunos da primeira série, 27 da segunda série e 23 da terceira série do Ensino Médio. Nesta instituição, as atividades ocorreram no laboratório de informática (com dezesseis computadores disponíveis para uso) em aulas de 100 minutos (duas aulas de 50 minutos) dentro do período regular. A professora optou por não utilizar o questionário avaliativo (4ª etapa), o qual foi substituído pela prova realizada no final do bimestre na escola em que lecionava.

Antes das atividades com o Modellus foi solicitado a todos os alunos que respondessem ao questionário diagnóstico (Anexo I). E para efeito de comparação com o outro estudo de caso já discutido aqui, serão discutidos apenas os resultados obtidos com os alunos da primeira série (Tabela 5). Das sete questões com índice de acerto inferior a 50%, cinco (que são a 20, 19, 16, 11 e 17) foram relacionadas à interpretação de gráficos utilizados para a compreensão de fenômenos físicos e aos posteriores cálculos. Os alunos desta instituição pública também apresentaram dificuldades com relação à interpretação dos conceitos de velocidade e aceleração (questões 03 e 09). As questões 19 e 20 são as que os alunos apresentaram maior dificuldade nas duas instituições de ensino, com índice de acerto zero no caso da escola pública.

Assim conclui-se que, independentemente da instituição ser pública ou privada, há a dificuldade em interpretar gráficos utilizados nos movimentos uniforme e uniformemente variado entre os alunos da primeira série do Ensino Médio nessas escolas.

A Tabela 5 disposta a seguir mostra a porcentagem de acertos e de “não sei responder” no questionário diagnóstico, aplicado pela Profª. Rejane em escola pública da cidade de Ibaté, para alunos da primeira série do Ensino Médio.

¹¹ Profª. Dra. Rejane Cristina Trombini Pereira.

¹² Escola Estadual André Donatoni.

Tabela 5 – Porcentagem de acertos e de “não sei responder” no questionário diagnóstico, aplicado pela Prof^a. Rejane em escola pública da cidade de Ibaté, para alunos da primeira série do Ensino Médio. As questões destacadas são aquelas que apresentam porcentagem de acerto inferior a 50%.

Questão	Acerto (%)	Não sabiam responder (%)
20	0	0
19	0	0
09	3	0
16	6	3
11	9	6
17	38	9
03	30	20
12	62	3
13	65	9
02	76	0
06	80	12
10	53	35
18	62	29
14	94	3
04	97	0
15	97	3
08	100	0
07	97	3
05	91	9
01	100	0

Fonte: autoria própria

3.2 A receptividade dos alunos ao uso de modelagem matemática a partir do software Modellus¹³

Em geral, percebe-se que os alunos se motivam mais com as aulas em que os professores envolvem o uso de computadores com simulações do que com as tradicionais do tipo “lousa e giz”. Porém, no caso particular do uso de um laboratório de informática, com os alunos desenvolvendo individualmente as atividades didáticas no computador, há uma expectativa, principalmente por parte do professor, de ocorrer a dispersão da atenção (pela diversidade de outras opções de acesso a softwares e sites, por exemplo).

No nosso caso de aplicação das atividades¹⁴, apesar do fácil acesso, tanto à internet como aos jogos instalados nos computadores, os alunos participaram o tempo todo da aula, com questionamentos pertinentes. A atenção dedicada dos alunos durante a explicação de como trabalhar com o Modellus utilizando algumas das suas funções, a disposição e o engajamento de cada aluno ao tentar montar sua primeira simulação, além da satisfação apresentada por eles (quando conseguiram simular o movimento de um objeto com velocidade constante, a partir da construção de seu próprio modelo matemático) foram fatos surpreendentes e motivadores para que a pesquisadora continuasse a aplicação da sequência de atividades proposta.

No entanto, para confirmar se a percepção descrita acima também era compartilhada pelos alunos, entre a terceira e a quarta etapa, prevista na sequência de atividades (Figura 1), foi solicitado aos alunos que dessem um depoimento sobre como se sentiram em relação às atividades práticas desenvolvidas (relacionadas ao uso do software e aos conceitos aprendidos).

Entre os depoimentos, há alguns exemplos abaixo¹⁵, representativos dos tipos de respostas dadas:

“Esta foi a primeira vez que entrei em contato com a modelagem matemática e também com a simulação. Achei interessante nós trabalharmos com a modelagem pois, assim, conseguimos entender melhor a função das fórmulas que vemos em sala de aula e consequentemente trabalhar com elas de forma mais eficiente. Fazendo a modelagem conseguimos visualizar de forma mais clara o que estamos calculando e também passamos a interpretar melhor os gráficos.” (Aluno A).

¹³ Esta análise se fez apenas para as aplicações das atividades com os alunos da escola privada.

¹⁴ Na escola privada de Rio Claro.

¹⁵ As respostas foram transcritas mantendo exatamente a forma como foram apresentadas pelos alunos.

“Estas aulas me ajudaram no aprendizado de modelagem e com os gráficos. As aulas foram bem interessantes, já que eu nunca tinha tido contato com a modelagem e simulações. Nas aulas de Física na sala eu também senti que ficou mais fácil entender cinemática. Enfim, as aulas foram muito proveitosas.” (Aluno B).

“Aprender Matemática/Física através de um programa de modelagem fica muito mais fácil. Com o programa é possível observar o que seus cálculos resultam, e montar diferentes “movimentos” e assim, dessa forma o entendimento de velocidade, tempo, deslocamento fica mais claro do que aprender em uma aula normal, por exemplo. As aulas de laboratório serviram também para aprofundar conhecimentos físicos que já conhecíamos.” (Aluno C).

“As aulas práticas no laboratório de informática com as modelagens deixaram nossas ideias mais expostas e dúvidas foram desenvolvidas e nosso interesse pela matéria foi grande; pois nunca tivemos aulas na área de exatas fora do ambiente de sala, isso estimula mais o aluno a desenvolver seus pensamentos.” (Aluno D).

“As aulas no laboratório contribuíram para que eu pudesse entender melhor como eram feitas as simulações, através de um programa de modelagem matemática. Tivemos contato com fórmulas já vistas, porém não aprofundadas. Fizemos cálculos para descobrir o espaço, deslocamento, velocidade e tempo como nas aulas normais, mas com um propósito diferente, como por exemplo, interpretá-los em um gráfico. Gostei muito de trabalhar nos modelos, descobrindo novas coisas sobre a cinemática.” (Aluno E).

“Poxa! Eu adorei essa nova experiência de usar o programa Modellus. Antes a minha visão sobre os conceitos de cinemática como: espaço e movimento, não eram tão elaborados. Ao me sujeitar a usar o programa, esses conceitos se tornaram mais palpáveis e as antigas dúvidas foram saciadas. É maravilhoso você fazer os cálculos, construir sua fórmula e assim seu gráfico. E também ver seu “cachorrinho” ou “aviãozinho” correndo, voando. Enfim, foi uma boa experiência/aprendizado que eu carregarei a vida inteira.” (Aluno F).

Vê-se, por esses depoimentos (similares em todos os casos), que os alunos ficaram motivados com as atividades realizadas utilizando a ferramenta de modelagem e simulação no aprendizado de conceitos de Física. Percebe-se que, de maneira geral, nos depoimentos, os alunos manifestaram a facilitação e melhor compreensão das funções

matemáticas, e como tais funções se relacionam ao tipo de movimento e aos parâmetros e variáveis fenomenológicos estudados em Cinemática. Em destaque, os alunos relatam terem conseguido entender melhor a formalização matemática envolvida nos fenômenos. Foi explicitada, também, a maior facilidade em entender os conceitos trabalhados quando participaram das aulas “convencionais” que ocorreram após o uso do software. Reforçaram, ainda, a maior complexidade de elaboração no tratamento de conceitos de cinemática após a utilização da modelagem. E, principalmente pelo último depoimento exemplificado acima, verificou-se que a construção de conhecimento mais genérica, envolvendo a proposição de modelos com manipulação e análise matemática (“cálculos”, “construir fórmulas” e “fazer... gráficos”) e a sua relação com o fenômeno ocorrendo (“ver... ‘cachorrinho’ ou ‘aviãozinho’ correndo, voando”) foi possibilitada pelas atividades praticadas.

Quando o aluno E cita “que tiveram que fazer cálculos como nas aulas tradicionais, mas com um propósito diferente”, percebe-se a carência de atividades em que a prática de solução de problemas seja permeada pela observação de fatos ou verificação dos modelos (fórmulas) como representantes dos fenômenos envolvidos. Tais representações, portanto, esperando-se a construção efetiva do conhecimento, poderiam ser investigadas experimentalmente ou, pelo verificado neste trabalho, com o uso de “modelagem+simulação”. Assim, o relato do aluno que nunca teve aulas de exatas fora do tradicional ambiente da “sala de aula” é uma realidade que deve ser modificada, pois os conceitos e as formalizações das ciências exatas podem ser ensinados/aprendidos em diversos ambientes.

3.3 Análise das simulações construídas pelos alunos¹⁶

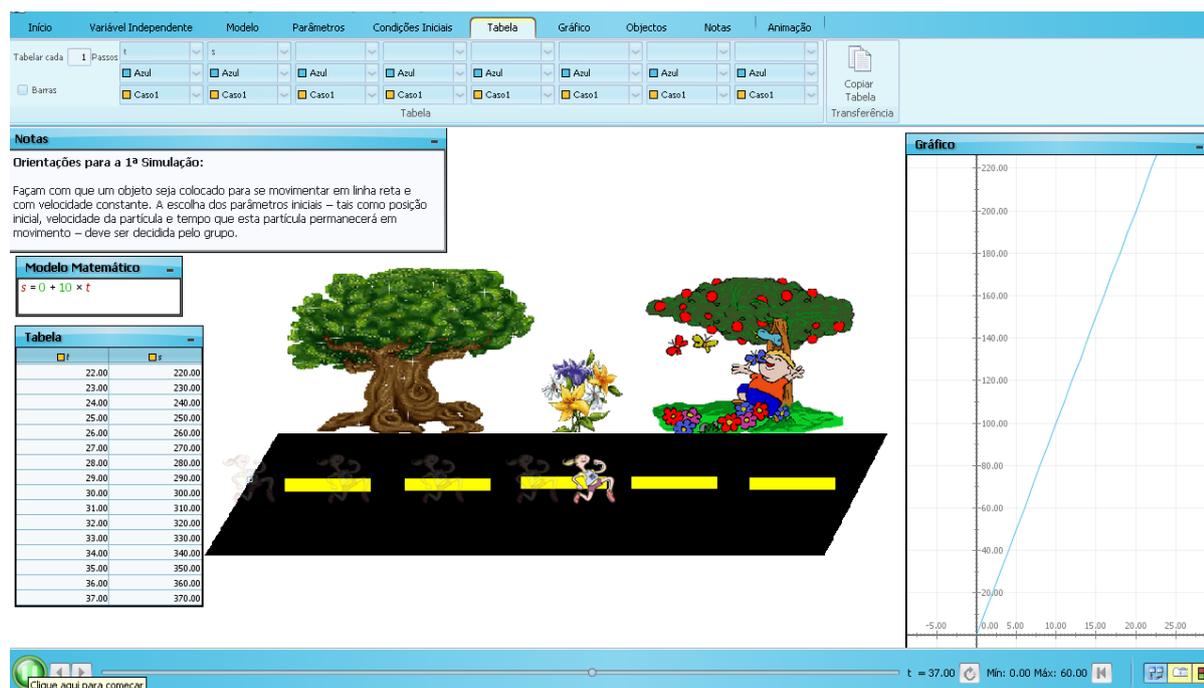
As simulações construídas pelos alunos foram orientadas na tentativa de sanar as dúvidas apresentadas no questionário diagnóstico. Assim, foram trabalhados temas como movimento uniforme e uniformemente variado. Porém, foi dada uma atenção especial para a interpretação dos gráficos (*espaço x tempo* e *velocidade x tempo*). Visto que foram as questões que os alunos apresentaram mais dúvidas no questionário diagnóstico.

A Figura 5 é um exemplo de uma das simulações construídas por um aluno no terceiro encontro (primeira aula da 3ª etapa), no qual foi proposto apenas que um objeto fosse colocado em movimento retilíneo e com velocidade constante. Cada aluno, ou dupla, montou uma simulação utilizando objetos diferentes para realizar o movimento. As posições iniciais e velocidades foram diversas. Essa simulação foi considerada fácil pelos alunos, os quais não apresentaram maiores dificuldade em montar o modelo matemático. Na verdade, as

¹⁶ Esta análise se fez apenas para as aplicações das atividades com os alunos da escola privada.

dificuldades apresentadas pelos alunos, nessa aula, estavam mais voltadas a como inserir imagens em suas janelas de simulação para que ficassem com um visual melhor. Ao final desse encontro, foi feita análise do modelo matemático, da tabela, do gráfico apresentado e do movimento realizado pela simulação construída. Esta análise foi realizada em conjunto (alunos e pesquisadora).

Figura 5 – Simulação desenvolvida por um dos alunos sobre movimento retilíneo com velocidade constante.



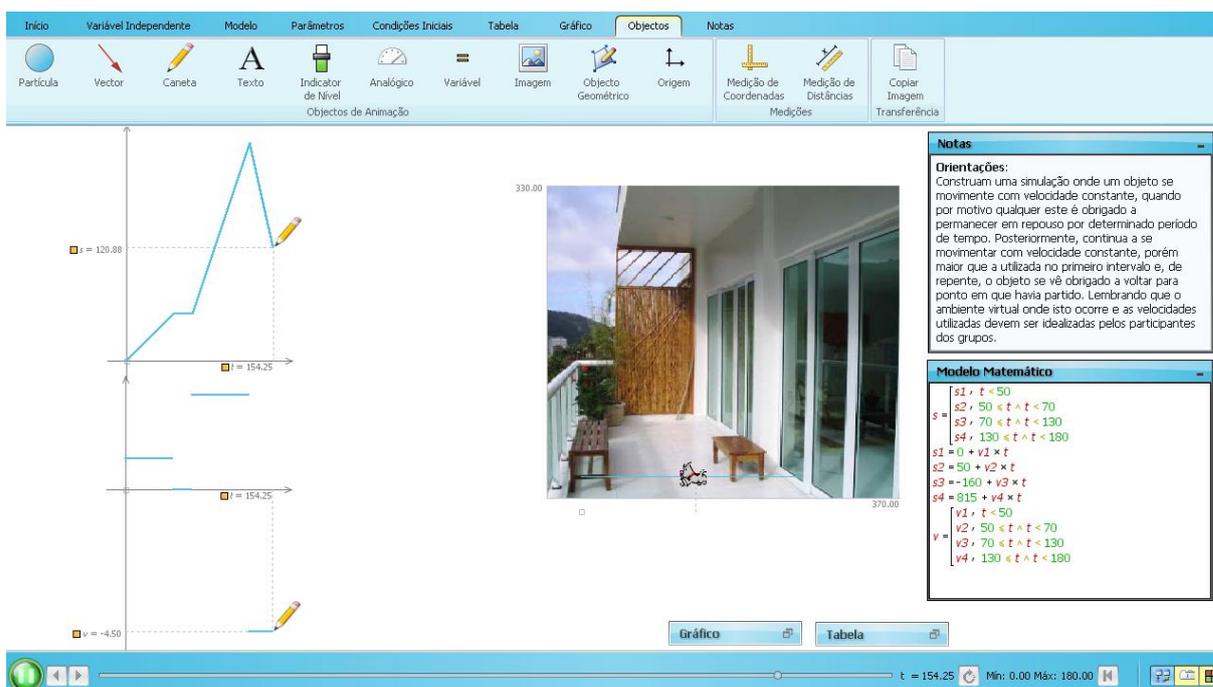
O quarto encontro (segunda aula da 3ª etapa) seguiu o planejamento descrito na seção 3.2.4, no qual foi proposto aos alunos construir uma simulação em que um objeto se movimenta com velocidade constante e daí, por um motivo qualquer, este é obrigado a permanecer em repouso por um período de tempo. Posteriormente, o objeto continua a se movimentar, com velocidade constante, porém, maior que a do primeiro intervalo e é, finalmente, obrigado a voltar para ponto inicial. A Figura 6 mostra uma das simulações para essa situação-problema. Nesse caso, a dupla de alunos, além de construir o gráfico de *espaço x tempo* para o movimento (como orientado pela professora), também construiu o gráfico da *velocidade x tempo*, nos respectivos intervalos. Com essa simulação pode-se discutir o conteúdo abordado nas questões 14 e 19 (apresentadas com baixo índice de acerto, Tabela 4), relacionadas com a representação de gráficos sobre o movimento uniforme.

Cumprir destacar que uma atenção especial deve ser dada à simulação que está apresentada na Figura 7, construída no quarto e quinto encontro, em que a dupla de alunos autores, espontaneamente, percebeu que as equações utilizadas para movimentos

representados numa reta horizontal poderiam também ser utilizadas para movimentos verticais. A maneira como os movimentos uniformemente variado e queda livre aparecem nos livros didáticos, ou são abordadas por grande parte dos professores nas aulas, são considerados pelos alunos como movimentos totalmente distintos, que possuem equações diferentes, pois ocorrem em direções distintas. Os livros didáticos, em geral, apresentam aos alunos que no movimento horizontal, por exemplo, deve-se utilizar a fórmula $V = V_0 + a \cdot t$ e, para o movimento vertical $V = g \cdot t$, confundindo o aluno. Contudo, com a oportunidade de trabalho com a simulação do movimento dos objetos, para o caso daquela dupla de alunos (Figura 7), a ideia de que os modelos para os movimentos vertical e horizontal são os mesmos surgiu naturalmente.

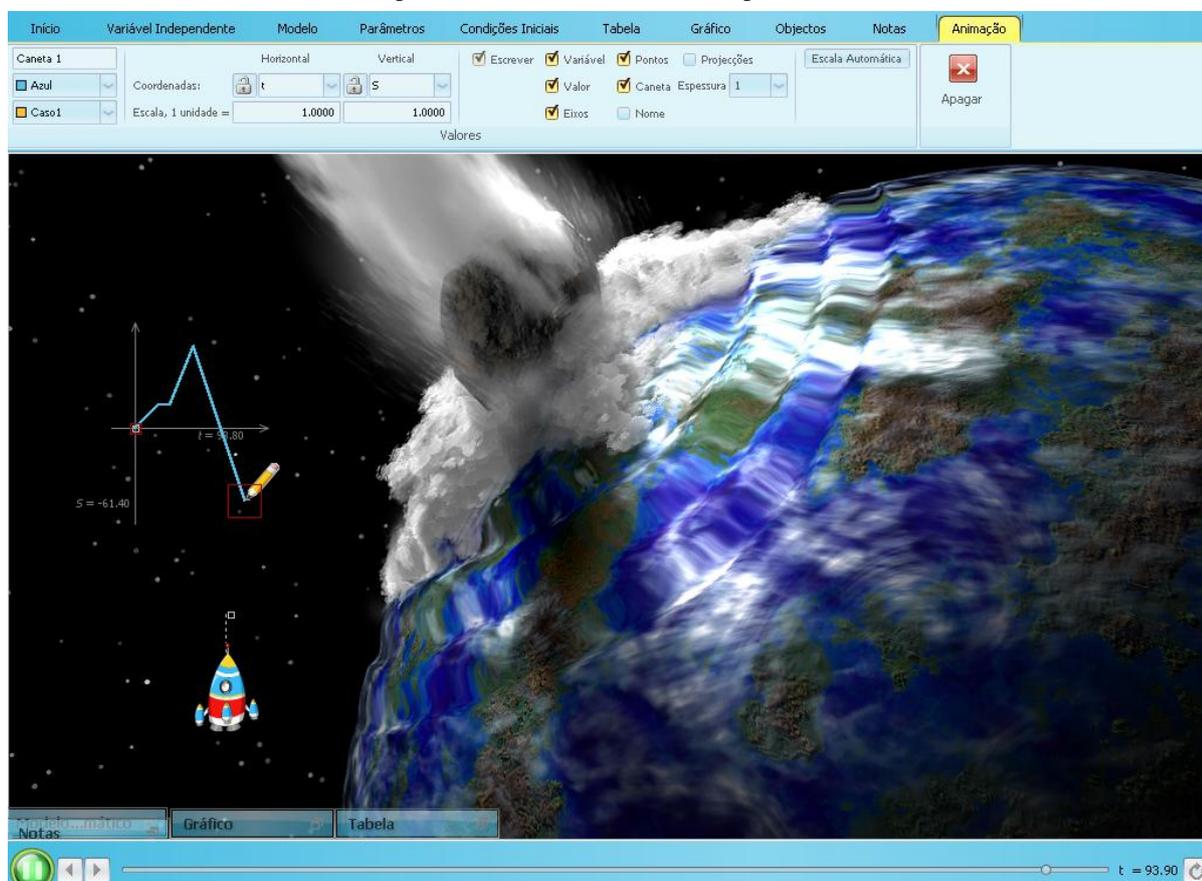
Apointa-se para a figura de fundo escolhida naquela simulação (que é de um foguete se movimentando ao redor da Terra), pois não deve ter sido considerado, pela dupla de alunos, que o movimento de foguetes ou satélites ao redor de um planeta seria do tipo MCU (movimento circular uniforme¹⁷). Provavelmente, a figura foi escolhida apenas porque um dos objetos disponíveis no programa Modellus é um foguete e nada melhor para combinar com isso do que uma imagem na qual aparece o espaço.

Figura 6 - Simulação construída por uma das duplas de alunos, na qual o movimento está ocorrendo na horizontal. Além de construir o gráfico *espaço x tempo*, a dupla também construiu por iniciativa própria um gráfico *velocidade x tempo*.



¹⁷ Como comentado, as atividades foram desenvolvidas com alunos a primeira série do Ensino Médio, na época, não tinham ainda estudado tópicos de MCU, típicos do terceiro bimestre dessa série.

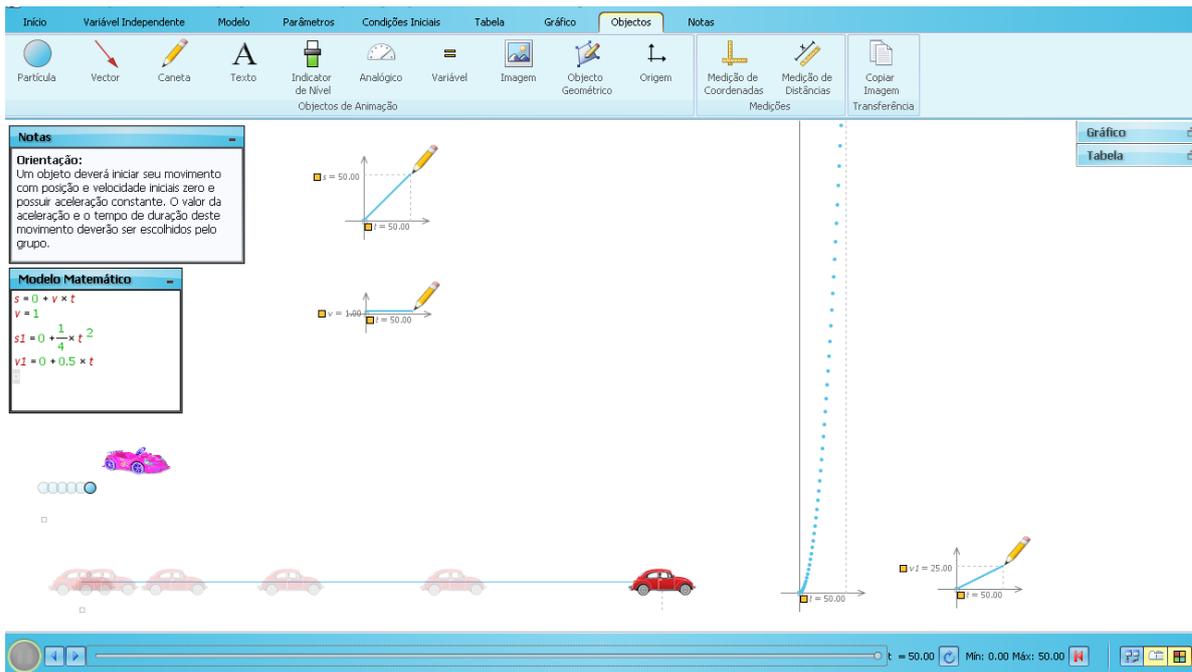
Figura 7 - Simulação construída por uma das duplas de alunos, na qual o movimento está ocorrendo na vertical. Os alunos, espontaneamente, perceberam que as equações utilizadas para movimentos representados numa reta horizontal poderiam também ser utilizadas para movimentos verticais.



No sexto encontro (quarta e última aula da 3ª etapa), a simulação desenvolvida pelos alunos foi sobre movimento uniformemente variado. Como planejado para essa aula, os alunos foram orientados a construir uma simulação em que o objeto, inicialmente, estivesse em repouso e, com aceleração constante, fosse colocado em movimento por determinado período. O valor da aceleração e o tempo de duração desse movimento foram escolhidos pelos alunos.

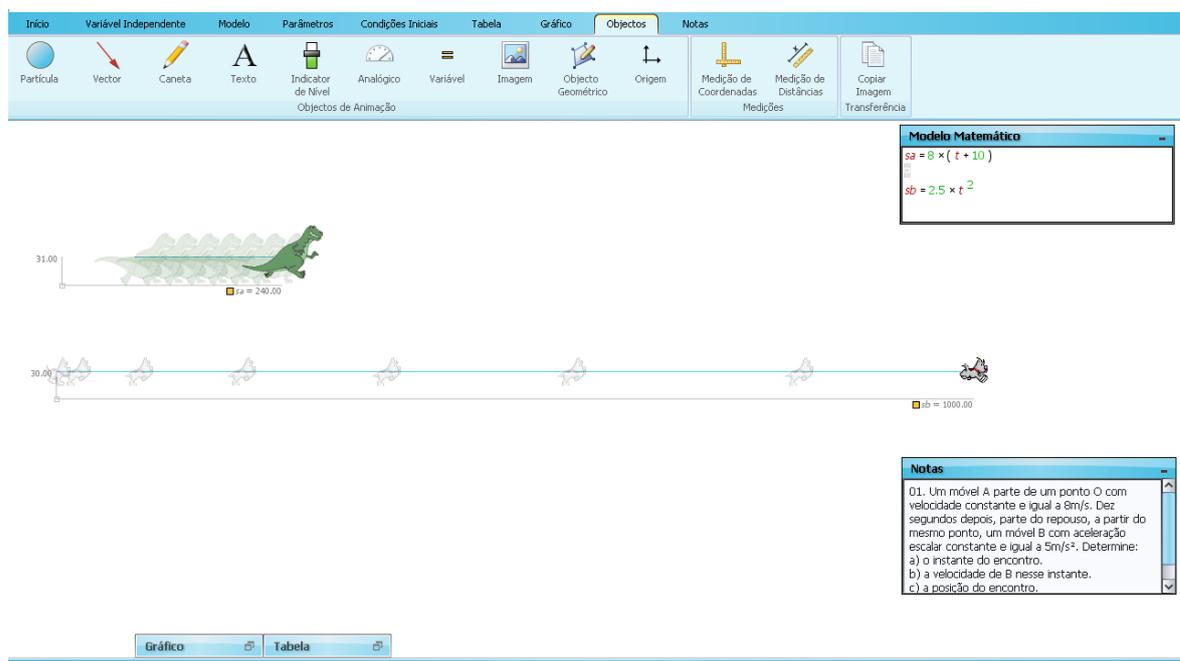
A maioria conseguiu completar a atividade com sucesso. Porém, uma das duplas não fez apenas uma simulação para um tipo de movimento e, sim, uma simulação para comparar os movimentos uniforme e uniformemente variado. Além disso, que fossem comparados os respectivos gráficos de *espaço x tempo* e *velocidade x tempo*, como pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Simulação construída por uma dupla de alunos onde existe a comparação entre os movimentos uniforme e uniformemente variado.



Ainda, nessa aula, um dos alunos pediu se poderia, ao invés de desenvolver a simulação proposta, fazer outra, pois o professor de Física do período da manhã havia passado um exercício para ser resolvido em sala e ele gostaria de visualizar os movimentos nesse caso. O exercício era sobre o tradicional encontro entre dois objetos móveis, em que um inicia o movimento antecipadamente ao outro e possui velocidade constante e, o outro, inicia o movimento depois, mas com aceleração constante. O resultado dessa simulação (obviamente permitida de ser feita) pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9 – Simulação proposta e construída por um aluno para facilitar a compreensão de exercício pedido pelo professor de Física do período regular de aula.



3.4 Análise das respostas do questionário avaliativo¹⁸

O questionário avaliativo foi aplicado no sétimo (último) encontro (4ª etapa da sequência de atividades). Ocorreu em uma sala de aula comum, com um protocolo típico de uma prova tradicional, que os alunos estão habituados. A análise das respostas do questionário avaliativo pode ser observada na Tabela 6. Os índices de acertos aumentaram se comparados com os (das questões equivalentes) do questionário diagnóstico e, nenhum dos alunos deixou de responder as questões propostas. Além disso, a concentração e o empenho, ao resolverem as questões, foram maiores se comparados aqueles do questionário diagnóstico, não havendo tentativas de cópia entre os alunos durante a resolução.

Embora o questionário avaliativo tenha um número menor de questões do que o diagnóstico solicita respostas discursivas e apresenta subitens em algumas delas, o que exigiu quase todo o tempo de aula para ser respondido. Percebe-se, provavelmente devida a melhor compreensão do conteúdo, um empenho na construção da resposta. Analisando as porcentagens de acertos (Tabela 6), depreende-se que as questões em que se faz necessária a interpretação de gráficos, questões 11(b), 9 (a) e 10(b), continuam sendo as com menores índices de acertos, embora em níveis superiores as equivalentes do questionário diagnóstico (Tabela 4). Além disso, não ficaram abaixo de 50%. Isto é um indicador de que as aulas contribuíram de forma positiva para a habilidade dos alunos participantes em compreender e interpretar gráficos.

O gráfico abordado, no item *a) e b)* da questão 9 do questionário avaliativo, é o mesmo da questão 12 do diagnóstico. Porém, entre os alunos que não acertaram essa questão, alguns não conseguiram associar o gráfico ao tipo de movimento, mas conseguiram concluir o cálculo da velocidade, o que não ocorreu no questionário diagnóstico.

Os itens *a) e b)* da questão 11 são idênticos às questões 19 e 20 do questionário diagnóstico, respectivamente, e estão entre as quais os alunos apresentaram maiores dificuldades. No entanto, no questionário avaliativo, 52% dos alunos conseguiram respondê-la de maneira correta.

Os dados estão disponíveis na tabela a seguir:

¹⁸ Essa análise se fez apenas para as aplicações das atividades com alunos da escola privada.

Tabela 6 - Porcentagem de acertos e de “não sei responder” obtidas através das respostas dos alunos ao questionário avaliativo organizado em ordem crescente de acertos.

Questão	Acerto (%)	Não sabiam responder (%)
11 (b)	52	0
09 (a)	53	0
10 (b)	53	0
09 (b)	59	0
10 (a)	59	0
11 (a)	59	0
04	88	0
05	88	0
06	88	0
01	94	0
08 (b)	94	0
02	100	0
03	100	0
07	100	0
08 (a)	100	0

Fonte: autoria própria

Capítulo 4: Adaptação e compartilhamento da sequência de atividades com professores em suas aulas

Para que outros professores possam ter fácil acesso às discussões dessas ideias e expectativas, a sequência de atividades desenvolvida e aplicada neste trabalho foi submetida à publicação no Portal do Professor do MEC. A aula, dentro do formato do portal, com uma sequência adaptada para o horário regular da escola, está no anexo IV deste trabalho. As adaptações feitas nessa sequência de atividades foram principalmente em relação ao cronograma de aplicação, pois na prática docente é grande a preocupação com o tempo e a quantidade de conteúdos que são cobrados ao longo do Ensino Médio.

No ensino público, nas séries do Ensino Fundamental (de primeiro ao nono ano), os alunos têm contato com uma única disciplina da área Ciências da Natureza e

Biologia, chamada nesses anos de Ciências. Portanto, ao iniciarem a primeira série do Ensino Médio, geralmente, não têm ideia de conceitos essenciais de Física. Provavelmente, a aplicação do questionário diagnóstico sobre o conhecimento em Cinemática, como proposto aqui, não seja efetiva, necessitando a adaptação do questionário segundo a dinâmica da turma. Sugere-se, a redução da sequência de sete encontros com 90 minutos cada (14 aulas da instituição privada) para seis aulas com 50 minutos de duração cada ou, ainda, para três encontros de 100 minutos no caso de disponibilidade de aulas duplas. Para a disciplina de Física do ensino público, que geralmente envolve apenas duas aulas semanais, essa sequência corresponderia a três semanas do cronograma letivo. Na tabela 7 encontra-se um resumo desse cronograma com a descrição das etapas, para as escolas públicas, sem a inclusão da etapa do questionário diagnóstico.

Como observado pelos resultados deste trabalho, a sequência de atividades pode ser utilizada por professores da rede particular como uma proposta de retomada e consolidação dos conhecimentos sobre movimentos uniforme e uniformemente variado, suas funções e gráficos correspondentes. Nas instituições privadas há a realidade de que os alunos do início do Ensino Médio, em geral, já tenham trabalhado nos anos anteriores (fundamental II) com conceitos de cinemática, mas, por muitas vezes, com um resultado de aprendizagem de memorização (aprendizagem mecânica) e carregada de concepções alternativas e de senso comum. Assim, seria necessário acrescentar uma aula no cronograma, apresentado na Tabela 7, antes do início das atividades, para aplicar um questionário diagnóstico. Portanto, ao invés da retomada do tema com aulas tradicionais que, possivelmente, só reforçariam a memorização, essa proposta enfatiza a construção dos modelos dos fenômenos e, conseqüentemente, a construção do conhecimento, a partir de uma atividade autônoma do aluno.

O compartilhamento do estudo contido neste trabalho também se fez nas participações a outros eventos realizados no ano de 2010, com a apresentação de um pôster no WIOA – Workshop Internacional sobre Objetos de Aprendizagem no ensino de Ciência e Matemática, realizado em julho na UFSCar, São Carlos. Com publicação de um artigo (disponível em: http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais2010/artigos/Ens_Fis/art57.pdf) e apresentação oral realizada no II SINECT- II Simpósio Nacional de Ciências e Tecnologia, realizado na UTFPR, em outubro no Paraná. Neste evento foi possível mostrar o trabalho citado e entrar em contato com pesquisadores e professores do Paraná, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro, de Manaus e de São Paulo. Todos os professores presentes posicionaram-se

com críticas construtivas para pesquisa. Por último foi desenvolvido um artigo (disponível em http://www.enrede.ufscar.br/participantes_arquivos/E2_Barsotti_Pereira_RE.pdf) para o II ENREDE – II Encontro da Rede de Professores, Pesquisadores e Licenciandos de Física e de Matemática, realizado em novembro na UFSCar, São Carlos.

Tabela 7 - Cronograma de aplicação da sequência didática para o tema movimentos uniforme e uniformemente variado.

Etapas	Número de Aulas / Duração	Descrição
	1 aula / 50 min.	Apresentação do Software Modellus.
Atividade no Laboratório de Informática	3 aulas / 150 min.	Criação das simulações pelos alunos
	1 aulas / 50 min.	Apresentação e discussão das simulações criadas
	1 aula / 50 min.	Questionário avaliativo

Fonte: autoria própria

Considerações finais

Foi desenvolvida e aplicada uma sequência didática envolvendo a modelagem matemática no ensino de Física, utilizando o software Modellus, para Ensino Médio. Durante a aplicação com alunos da primeira série do Ensino Médio, as expectativas em relação às aulas superaram o esperado pela pesquisadora. Por ser um programa que envolve certa quantidade de matemática (e “matemática” é um dos motivos de maior desânimo para aprender Física, como relatado pelos alunos), era previsto que as aulas não fossem ser interessantes para todos os alunos que delas participassem. Contudo, as observações feitas pelos próprios alunos, sobre a prática, mostraram o contrário.

Mesmo precisando utilizar um instrumento com o qual nem todos se motivam - a matemática -, quando o aluno compreende e visualiza qual a razão de utilizá-la para a Física, ou seja, como representação e manipulação dos parâmetros dos modelos propostos aos fenômenos que os cerca, sente-se motivado a continuar. Por isso, conclui-se que a atenção demonstrada pelos alunos durante as aulas foi devida particularmente à atividade de modelagem. Não que se deva abandonar, em aulas assistidas por computador, o uso das animações e simulações “fechadas”, como aquelas de muitos dos objetos de aprendizagem digitais acessíveis na web. Contudo, parece interessante incluir programas de modelagem matemática para a melhoria do processo de ensino/aprendizagem de conceitos e formalizações da Física.

Durante o desenvolvimento do trabalho, os artigos encontrados foram pesquisados em bases de dados acadêmicas e também por buscadores tradicionais, tais como Web of Science, Scielo, Google, e Google Acadêmico. Apesar, de o software Modellus estar traduzido em várias línguas e haver muitos usuários de países da Europa, vê-se, conforme apontado, que poucos são os artigos/trabalhos atuais (nos últimos cinco anos) encontrados sobre seu uso e, quando há, estão em base de dados com restrição de acesso. Uma reflexão desse fato pode levar à conclusão de que o professor-pesquisador: não está realizando, em geral, atividades com ferramentas de informática em suas aulas; se utilizando ferramentas de informática, não está registrando e compartilhando tais atividades; ou ainda, se utilizando e registrando, está se restringindo aos ambientes de divulgação acadêmicos. Como experiência da própria pesquisadora deste trabalho, sabe-se que o professor do Ensino Médio, além de

utilizar pouco as ferramentas de informática, também não está habituado a registrar seus estudos e experiências.

A facilidade no aprendizado do conteúdo abordado na aplicação dessa metodologia com alunos do Ensino Médio (privado), pode ser verificada pelos melhores índices obtidos nas respostas construídas pelos alunos no questionário avaliativo, em comparação com aquelas do diagnóstico. Ressalta-se, também, o fato de um aluno ter utilizado o software para solucionar dúvidas e melhorar o entendimento dos exercícios com lápis e papel.

No início do projeto a intenção da pesquisadora era a de aplicar, em 2010, a sequência de atividades nos dois estabelecimentos de ensino (sendo um público) em que lecionava na cidade de Rio Claro, e para que isto ocorresse conseguiu as respectivas autorizações das Direções e Coordenações de Ensino. No caso da escola da rede pública, as aulas com o software Modellus foram projetadas em combinação com tópicos do Caderno do Professor e do Aluno, enviado pela Secretaria de Educação do Governo do Estado de São Paulo. Na época, o laboratório de informática estava em pleno funcionamento. Contudo, quando se iniciou o ano letivo de 2010, a aplicação não ocorreu, já que o laboratório foi fechado para reforma. Assim, esse é apenas um exemplo das dificuldades enfrentadas pelos professores para o uso de ferramentas tecnológicas (no caso, informática) no ambiente escolar.

Pode-se considerar atingidos os objetivos específicos que estavam associados a sequência de atividades propostas ser facilitadores do aprendizado de conteúdos de Cinemática, pois se alcançou melhor compreensão de relações funcionais entre variáveis, em um período menor (equivalente a uma mês e duas semanas) do que o geralmente dedicado ao tema em qualquer instituição de Ensino Médio (três meses).

Cumprir perceber que, independentemente do tipo de instituição, a maior dificuldade dos alunos está na interpretação e compreensão dos gráficos relacionados aos movimentos com ou sem aceleração. Porém, a análise dos resultados do questionário avaliativo mostra que é possível reduzir a porcentagem de erros, ou seja, melhorar a compreensão dos alunos para determinados temas da Física quando são trabalhados de maneira mais dinâmica e envolvente.

Referências

AGUIAR, C. E. Informática no Ensino de Física. **Material Didático Impresso**. CEDERJ, 2006. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notasdeaula/roteiros/aula01.pdf>>. Acesso em: 13/04/2010.

AGUIAR, C. E. Informática no Ensino de Física. **Material Didático Impresso**. CEDERJ, 2006a. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notasdeaula/roteiros/aula02.pdf>>. Acesso em: 13/04/2010.

ARAÚJO, I. S.; VEIT E. A.; MOREIRA, M. A. Atividade de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos de Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.

ARAÚJO, I. S.; VEIT E. A.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004a. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V4N3/v4n3a1.pdf>>. Acesso em: 20/03/2011.

BARSOTTI, D. C.; PEREIRA, R. C. T.; GARCIA, D. Relato do Uso de Simulação Computacional com Modelagem Matemática em Aulas de Cinemática no Ensino Médio. In: II ENCONTRO DA REDE DE PROFESSORES, PESQUISADORES E LICENCIADOS DE FÍSICA E MATEMÁTICA, 2010, São Carlos. **Resumos...** Disponível em: <http://www.enrede.ufscar.br/participantes_arquivos/E2_Barsotti_Pereira_RE.pdf>. Acesso em: 01 de julho de 2013.

BOLDO, E. M.; CIANI, A. B. Modelagem computacional de osciladores não lineares para a aprendizagem de equações diferenciais. In: ENCONTO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, 2007, Belo Horizonte. **Resumos...** Disponível em: <http://www.sbem.com.br/files/ix_enem/Poster/Resumos/PO88856992949R.doc>. Acesso em: 26 de julho de 2010.

CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área Luiz Carlos Menezes. – São Paulo : SEE, 2010.

CURRÍCULO NACIONAL DE EDUCAÇÃO BÁSICA – Competências Essenciais. Ministério da Educação. Departamento da Educação Básica. Disponível em: <http://metasdeaprendizagem.dge.mec.pt/wp-content/uploads/2010/09/Curriculo_Nacional1CEB.pdf>. Acesso em: 02 de julho de 2013.

DORNELES P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

FREITAS, A. S. Proposta de Utilização do Software Modellus no Ensino de Física. **Caderno IAT**, Salvador, v. 2, n. 1, p. 35-41, 2009. Disponível em: <<https://cadernosiat.sec.ba.gov.br/index.php/ojs/article/view/58/35>>. Acesso em: 21/03/2011.

MODELLUS. Versão 4.01. Disponível em: <<http://modellus.fct.unl.pt/>>. Acesso em: 26/06/2013.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em 21/03/2011.

PARECER CNE/CEB Nº 39/2004. Aplicação do Decreto nº 5.154/2004 n Educação Profissional Técnica de nível médio e no Ensino Médio. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf_legislacao/rede/legisla_rede_parecer392004.pdf> Acesso em 27/06/2013.

RIBEIRO, Y. H. L.; JESUS, J. C. O.; ALVES, A. S. Utilização do Modellus na construção de conceitos Físicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. **Resumos...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0089-1.pdf>>. Acesso em: 26 de julho de 2010.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

SANTOS, G. H.; ALVES, L.; MORET, M. A. Modellus: Animações Interativas mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. *Revista Sientibus – Série Ciências Físicas*, v. 02, p. 56-67, Dezembro, 2006.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino / Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 87-96, Junho, 2002.

VEIT, E. A.; MORS, P. M. **Física Geral Universitária: Mecânica**. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Física, 2004. 242p. Apostila. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/fis01200/veit-mors-2004.pdf>>. Acesso em: 03/07/2013.

VEIT, E. A.; MORS, P. M.; TEODORO, V. D. Ilustrando a Segunda Lei de Newton no Século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 176-184, Junho, 2002.

Anexo I

Questionário Diagnóstico

Categoria I – Esta categoria enfatiza o conhecimento conceitual e dimensional dos alunos sobre distância, tempo, velocidade e aceleração.

01. Viajando por uma estrada é possível visualizar uma placa que indica que a cidade de São Pedro do Turvo está a 33 quilômetros. Esta informação significa o tempo que demoraremos a chegar até esta cidade?

Sim Não Não sei responder.

02. A comemoração de fim de ano, na casa dos pais do <prof^o *Fillipi*>, iniciou-se às 22 horas e 45 minutos do dia 31 de dezembro, terminando às 2 horas e 20 minutos do dia 1º de janeiro do ano seguinte. É correto afirmar que esta comemoração durou 4 horas e 25 minutos?

Sim Não Não sei responder.

03. Por que a velocidade dos veículos é expressa em unidade de distância dividida por unidade de tempo, como km/h ou m/s ou cm/s? (Fonte: Caderno do Aluno, 1ª série, v.1, p.7)

04. Na maioria das rodovias brasileiras, a velocidade máxima permitida é de 110 km/h. Isso significa que o máximo que um carro pode percorrer em uma hora são 110 quilômetros?

Sim Não Não sei responder.

05. É normal no cotidiano, nas ruas de uma cidade qualquer, os carros atingirem uma velocidade de aproximadamente 17m/s?

Sim Não Não sei responder.

06. Quando dizemos que um carro se move com movimento uniforme significa dizer que se movimenta somente em linha reta?

Sim Não Não sei responder.

07. Quando dizemos que um carro se move com movimento uniformemente variado significa dizer que sua velocidade não se altera durante o percurso?

Sim Não Não sei responder.

08. Se uma pessoa anda 2 km em 30 minutos, a sua velocidade, admitida constante, é de 4 km/h?

Sim Não Não sei responder.

09. Um determinado carro sai do repouso e atinge a velocidade de 30m/s em 10 segundos. Isso significa que este carro percorre 30 metros em 10 segundos?

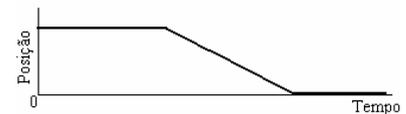
Sim Não Não sei responder.

Categoria II – Nesta categoria encontram-se gráficos e funções para que se possa perceber o conhecimento dos alunos sobre esses conteúdos.

10. Um automóvel se desloca obedecendo à seguinte função horária: $s = -50 + 20t$. Seria possível afirmar que a posição de onde esse automóvel iniciou seu movimento foi em 25m?

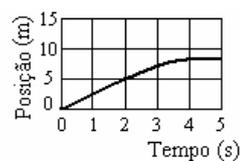
Sim Não Não sei responder.

11. O gráfico ao lado descreve o movimento de um objeto. A interpretação correta desse movimento é de que o objeto rola ao longo de uma superfície plana, então, ele desce um plano inclinado e finalmente para.



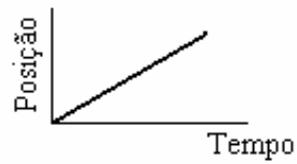
Sim Não Não sei responder.

12. Analisando o gráfico abaixo, que representa o movimento de um objeto, a **velocidade** deste objeto no instante de tempo 2 segundos é 2,5m/s?



Sim Não Não sei responder.

13. O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. A interpretação desse movimento é de que o objeto está se movendo com velocidade constante?



Sim Não Não sei responder.

14. Segue abaixo o gráfico posição *versus* tempo (figura 1) para um objeto durante um intervalo de 5s. É correto utilizar o gráfico velocidade *versus* tempo abaixo (Figura 2) para representar o movimento do objeto durante o mesmo intervalo de tempo?

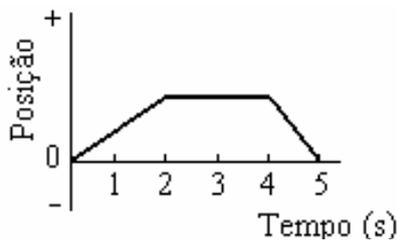


Figura 1

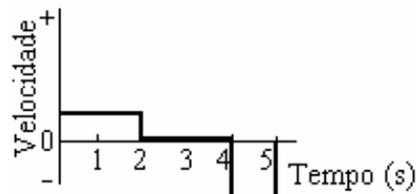
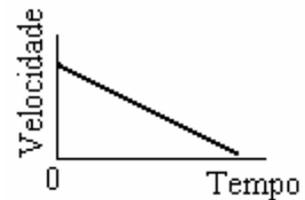


Figura 2

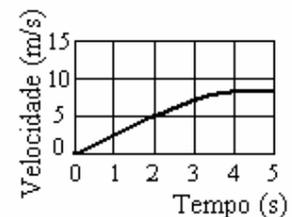
Sim Não Não sei responder.

15. O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. A interpretação deste movimento é de que o objeto se move com uma velocidade que aumenta uniformemente?



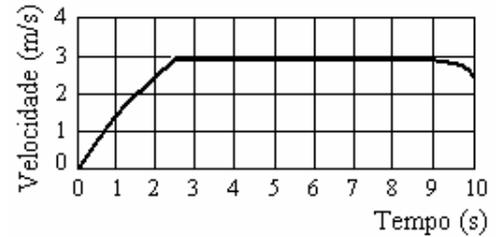
Sim Não Não sei responder.

16. Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de $t = 0$ s até $t = 2$ s, a partir do gráfico abaixo, você poderia ler 5 diretamente no eixo vertical?



Sim Não Não sei responder.

17. Um objeto se move de acordo com o gráfico ao lado. O seu deslocamento entre os tempos $t = 4\text{s}$ e $t = 8\text{s}$ é de 12m ?

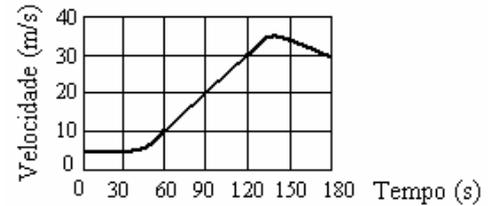


Sim

Não

Não sei responder.

18. O gráfico mostra a velocidade em função do tempo para um carro de massa $1,5 \times 10^3 \text{ kg}$. A aceleração deste carro em $t = 90\text{s}$ é de $0,22\text{m/s}^2$?

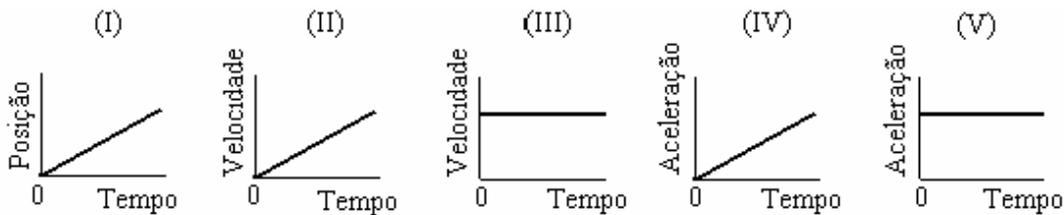


Sim

Não

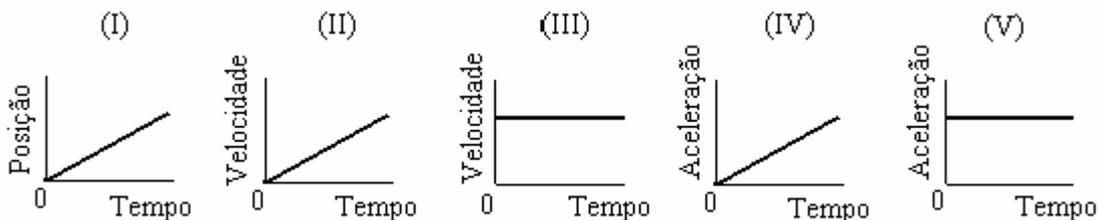
Não sei responder.

19. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?

20. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

Anexo II

Abaixo se apresenta o texto tutorial sobre operações e ferramentas básicas do software Modellus 4.01, apresentado no formato multimídia aos alunos, no início da construção de suas modelagens/simulações.

Modellus 4.01

Algumas ferramentas básicas

Para facilitar, a apresentação do programa foi separada em janelas: modelo matemático, notas, gráfico, tabela e página de fundo. Como pode ser visualizado na figura 1.

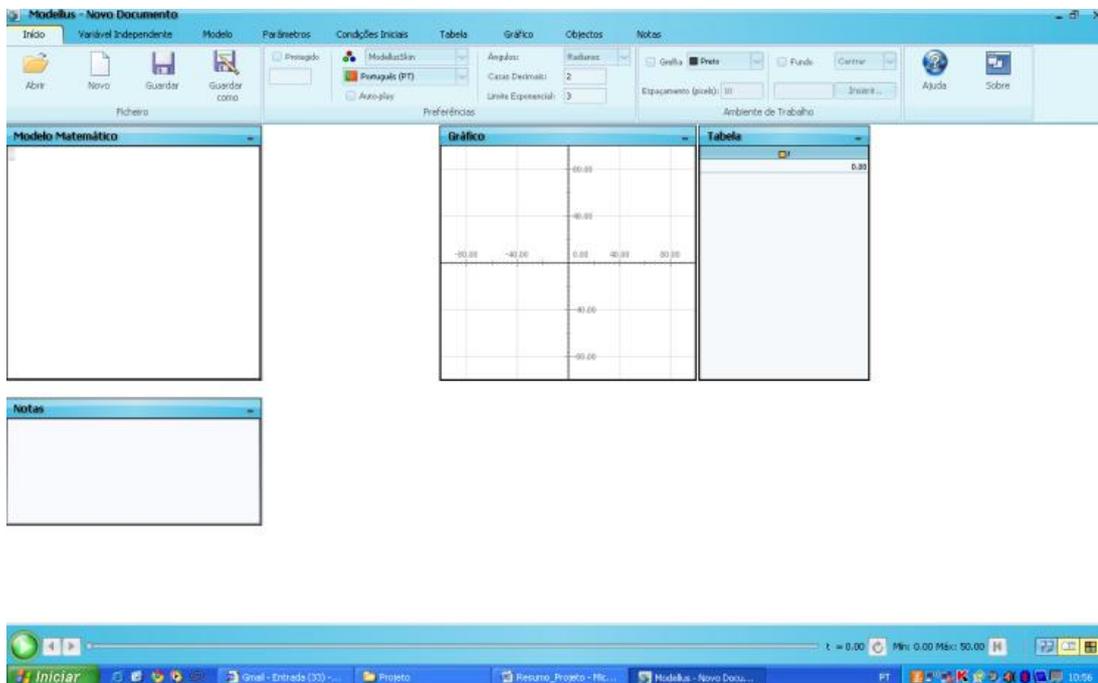


Figura 1 – Modellus e suas janelas notas, modelo matemático, gráfico e tabelas maximizadas.

Modelo matemático → ambiente reservado para montar as equações matemáticas que serão utilizadas, por exemplo: $S = S_0 + V \cdot t$.

Notas → ambiente onde pode-se escrever enunciados de exercícios, anotações e observações sobre a simulação desenvolvida, ou qualquer outro texto desejado.

Gráfico → local onde aparecerá o gráfico da função utilizada no modelo matemático, enquanto a simulação acontece.

Tabela → dependendo das variáveis utilizadas na função aparecerá uma tabela com os valores dos pontos que foram utilizados na montagem do gráfico.

Página de fundo → É neste ambiente onde as simulações serão montadas e este possui muitas ferramentas para auxiliá-los nesta etapa.

Agora serão apresentadas as planilhas: Início, Variável Independente, Modelo, Parâmetros, Condições Iniciais, Tabela, Gráfico, Objetos e Notas (Figura 2). Estas planilhas contêm grupos e ícones que serão detalhados a seguir:

- Pasta abrir arquivos  : onde de maneira rápida conseguiremos encontrar simulações prontas, as quais serão de muita valia para a familiarização dos alunos com o programa.
- Novo  : onde poderemos obter um documento em branco, para criar novas simulações.
- Guardar  : comando utilizado para salvar modificações em arquivos já existentes.
- Guardar como  onde podemos salvar novas simulações feitas.
- O ícone protegido  : este serve para quando quisermos colocar senhas protegendo as simulações feitas, não permitindo que sejam feitas alterações.
- O ícone  é para alterar a coloração de fundo da apresentação do programa outros ícones próximos a este servem para modificar outras configurações do programa: língua em que aparecerá os textos, quantas casas decimais utilizaremos, ...



Figura 2 – Página de fundo contendo as planilhas

Ainda nesta planilha temos como modificar outros parâmetros na área de trabalho e obter alguma ajuda durante as modelagens, como mostrado na Figura 3. Gostaria de chamar uma atenção especial para o ícone *inserir*, pois com este comando poderemos colocar qualquer fundo que contextualize as simulações.

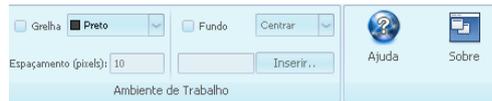


Figura 3 – Parte da planilha início, onde aparecem alguns ícones que podem alterar a área de trabalho.

Na planilha variável independente (Figura 4) poderemos modificar os valores para os intervalos de tempo em que a simulação ficará em funcionamento e de quanto em quanto este tempo vai variar.



Figura 4 – Imagem que mostra ícones na planilha variável independente.

Na planilha Modelo (Figura 5) poderemos perceber vários elementos e valores que podem ser de grande auxílio ao escrevermos nosso modelo matemático. Porém, não é necessário que se utilize estes operadores para que o programa reconheça sua equação.

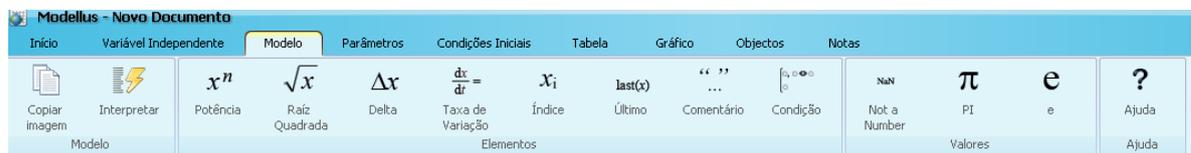


Figura 5 – Planilha modelo contendo seus elementos, valores e ajuda para montar o modelo matemático a ser utilizado.

O ícone Interpretar é muito importante, pois sempre que se termina de escrever as expressões matemáticas que serão utilizadas é necessário clicar nele. Desta maneira, o próprio software já mostrará se o usuário cometeu alguma incoerência em sua modelagem,

apresentando um aviso de: Modelo: contém erros  . Se isso não ocorreu o aviso mostrado será:
a Modelo: OK 

A planilha Parâmetro (Figura 6) e a Condições Iniciais (Figura 7) é o local onde os parâmetros e as condições iniciais são especificadas. Aparecem somente quando é necessário o seu preenchimento. Por exemplo, em uma das simulações de movimento uniforme onde os alunos utilizaram a função $S = S_0 + v \cdot t$, apareceram somente os parâmetros para serem preenchidos

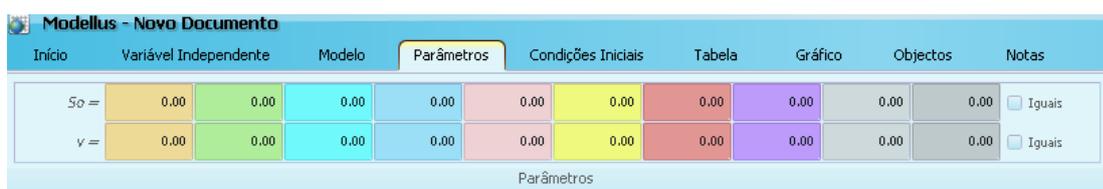


Figura 6 – Local onde devem ser preenchidos os parâmetros do modelo matemático.

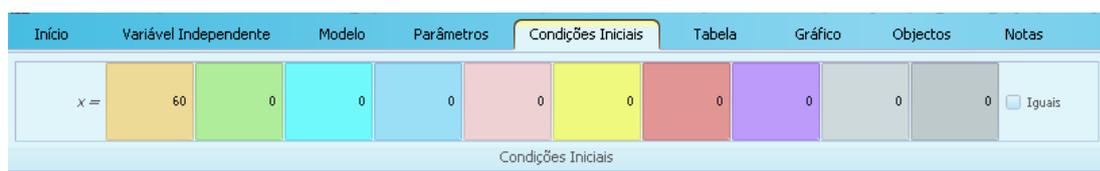


Figura 7 – Local onde devem ser preenchidas as condições iniciais do modelo matemático.

Na planilha Tabela (Figura 8) é possível modificar e verificar como a tabela será apresentada, definir quais incógnitas estarão em quais colunas, quantas colunas queremos que sejam mostradas, e outras mais. A planilha Gráfico (Figura 9) também tem como função alterar definições, porém agora, para os gráficos que são mostrados, ou seja, se os valores dos eixos aparecerão ou não, e as escalas serão iguais, se a marcação será em ponto ou traço contínuo, entre outras funções.

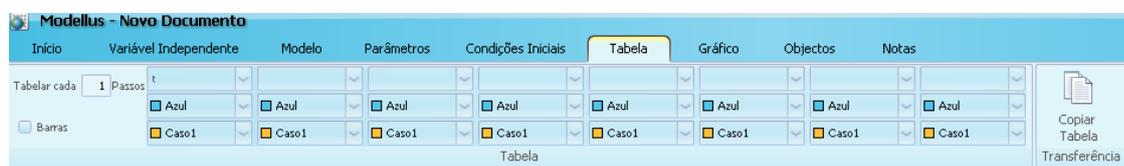


Figura 8 – Ícones que alteram a exibição da tabela.

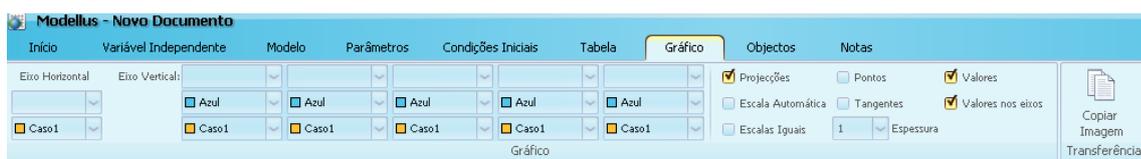


Figura 9 – Ícones que alteram a exibição do gráfico.

Na planilha Objectos (Figura 10) estão as ferramentas que utilizaremos para montar as simulações, sempre lembrando que precisamos vincular o objeto utilizado ao parâmetro ou incógnita da função, para que este se movimente ou realize a função desejada na simulação. Para vincular estes parâmetros, basta clicar sobre o objeto escolhido, já colocado o plano de fundo, então aparecerá uma nova planilha denominada Animação, onde estão os espaços a serem preenchidos na barra de ferramentas (Figura 11).

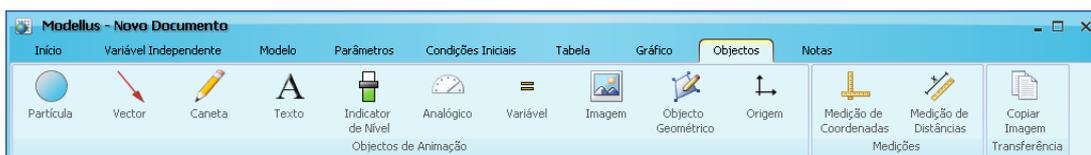


Figura 10 – Planilha Objectos com os ícones que podem ser utilizados na produção de uma simulação.

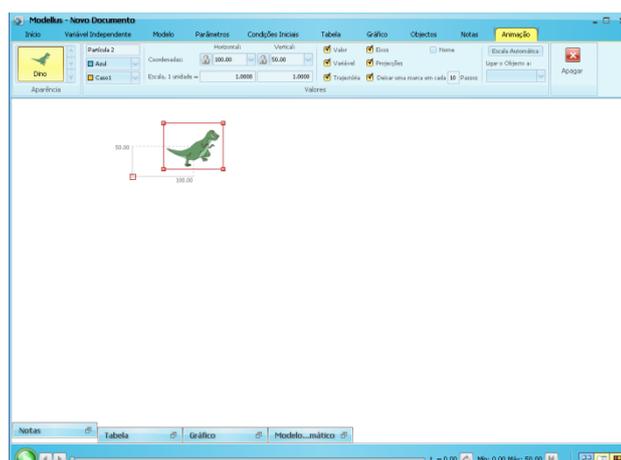


Figura 11 – Planilha animação, possui locais para vincular a função ou parâmetros utilizados aos objetos nas simulações.

Planilha Objectos e a função dos seus ícones serão mostradas abaixo. Mas antes saiba que para inserir qualquer um destes objetos, basta clicar com o cursor do mouse sobre o ícone e depois clicar no plano de fundo.

- Partícula  : comando utilizado para inserir um objeto. Clicando sobre o objeto (já no plano de fundo) você poderá alterar a partícula por figuras existentes no programa.
- Vector  : utilizada para inserir um vetor na simulação.
- Caneta  : faz com que apareça simultaneamente a simulação um gráfico da função utilizada.

- Texto  : com este comando consegue-se inserir um texto que pode permanecer fixo ou funcionar como uma partícula.
- Indicador de Nível  : serve para mostrar a mudança da variável a qual foi vinculado.
- Analógico  : é utilizado para mostrar uma variação, podendo-se optar pelas formas de transferidor, relógio ou indicador.
- Variável  : comando que permite visualizar os valores adquiridos pela variável durante toda a simulação.
- Imagem  : é possível colocar uma imagem de fundo, contextualizando a simulação, ou fazer com que tal imagem modifique seu tamanho no transcorrer do tempo.
- Objecto Geométrico  : podemos utilizá-lo quando precisarmos trabalhar com retas, segmentos de reta e/ou círculos e com pontos.
- Origem  : quando precisarmos que a origem varie enquanto a simulação estiver em funcionamento.
- Medição de Coordenadas  : serve para nos dar os valores dos comprimentos das coordenadas de um vetor, por exemplo.
- Medição de distâncias  : função igual a de uma régua, ou seja, serve para nos dar as medidas de distâncias em uma única direção.

Para outras dúvidas consultem o site <http://modellus.fct.unl.pt/> onde terão acesso a um tutorial sobre o Modellus 4.01.

Anexo III

Questionário avaliativo

01. A comemoração de aniversário da professora Daniela iniciou-se às 22 horas e 45 minutos do dia 20 de novembro, terminando às 2 horas e 20 minutos do dia 21 de novembro do mesmo ano. Qual foi o intervalo de tempo, no sistema internacional de unidades, que durou esta comemoração?

Resposta:

02. Viajando por uma estrada é possível visualizar uma placa que indica que a cidade de Cordeirópolis está a 12 quilômetros. Utilizando seus conhecimentos de cinemática, interprete: qual é a informação fornecida por esta placa?

03. Na maioria das rodovias Brasileiras, a velocidade máxima permitida é de 110 km/h. Supondo que o motorista mantenha sempre a velocidade máxima permitida, qual será a distância percorrida por ele após um período de 2 horas?

Resposta:

04. Se uma pessoa caminha 2 km em 0,5 h, com movimento uniforme, calcule o valor de sua velocidade no S.I.

Resposta:

05. Explique, utilizando termos aprendidos nas aulas de Física, o significado correto para os valores da aceleração que é expressa em unidades de distância dividida por unidades de tempo elevada ao quadrado, por exemplo 4 m/s^2 .

06. Um automóvel possui uma velocidade de 10 m/s no instante em que o motorista pisa no acelerador. Isto comunica ao carro uma aceleração constante, que faz com que sua velocidade aumente para 20 m/s em 5 s. Considere $t = 0$ no instante em que o motorista pisa no acelerador e calcule a aceleração do automóvel.

Resposta:

07. Quando um corpo está em movimento retilíneo uniforme, com velocidade V constante, qual é a expressão matemática que nos permite calcular a distância d que ele percorre após decorrido um tempo t ?

Resposta:

08. Usando a expressão solicitada no exercício anterior, calcule:

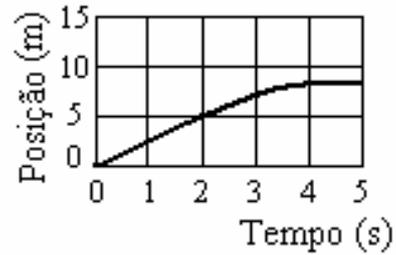
a) A distância percorrida por um carro que se movimenta com velocidade constante $v = 54\text{km/h}$, durante um tempo $t = 0,50\text{ h}$.

Resposta:

b) A velocidade, supostamente constante de um nadador (recordista mundial) que percorre uma distância $d = 100\text{ m}$, com nado livre, em um tempo $t = 50\text{ s}$.

Resposta:

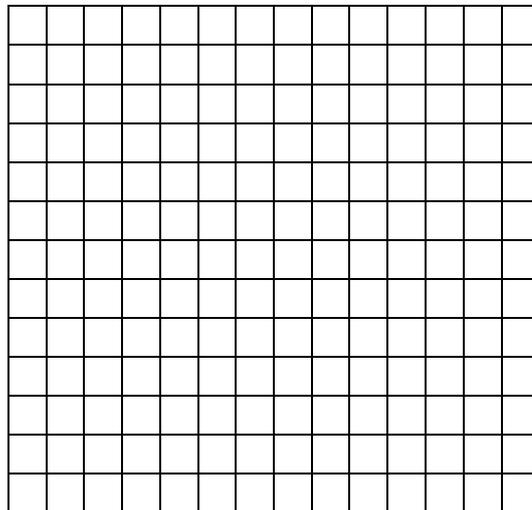
09. O gráfico abaixo descreve o movimento de um objeto.



a) Observando o gráfico acima comente se o objeto realmente se encontra em movimento, qual o tipo de movimento se encontra e qual a velocidade possui, para o intervalo de tempo de 0 a 3 segundos.

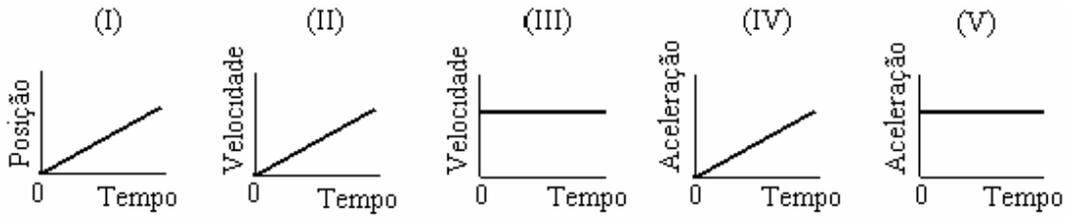
b) Analise o gráfico e faça as mesmas observações para o intervalo de tempo de 4 a 5 segundos.

10. a) Construa um gráfico $v \times t$ para um carro que se movimenta com velocidade constante $v = 50 \text{ km/h}$, durante um tempo de $t = 3,0\text{h}$.



b) O que representa a área sob o gráfico que você desenhou? Qual o seu valor?

11. Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



a) Qual(is) desses gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?

b) Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

Anexo IV

Plano de Aula ¹

Dados da Aula

O que o aluno poderá aprender com esta aula

A partir da construção de suas próprias simulações computacionais e usando modelos matemáticos simples de cinemática, o aluno poderá reconhecer e compreender relações entre grandezas físicas, funções e gráficos, contextualizados aos movimentos uniforme e uniformemente variado.

Duração das atividades

Seis aulas com 50 minutos de duração cada.

Conhecimentos prévios trabalhados pelo professor com o aluno

É importante que, ao aplicar-se essas aulas de caráter prático-teórico, os alunos já tenham conhecimentos básicos de cinemática como aqueles discutidos no final do nível fundamental, tais como: conceitos de partícula, distância, tempo, velocidade e aceleração.

Estratégias e recursos da aula

A sequência de atividades a seguir é uma proposta de retomada e consolidação dos conhecimentos sobre movimentos uniforme e uniformemente variado, suas funções e gráficos correspondentes. Há uma realidade de que os alunos do início do Ensino Médio, em geral, já teriam trabalhado nos anos anteriores (fundamental II) com conceitos de cinemática, mas, por muitas vezes, com um resultado de aprendizagem de memorização (aprendizagem mecânica) e carregada de concepções alternativas e de senso comum. Assim, ao aplicar um questionário diagnóstico (um modelo está disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/questionarios/>) aos alunos que têm esses conhecimentos prévios, percebeu-se dúvidas em relação a determinados aspectos: velocidade ser a taxa de variação do espaço em relação ao tempo; relação entre valores e unidades trabalhados nos exercícios e o cotidiano dos alunos (por exemplo, 20 m/s); e análise e interpretação de gráficos.

Portanto, ao invés da retomada do tema com aulas tradicionais que, possivelmente, só reforçariam a memorização, esta proposta apoia o aprendizado de forma

¹ Plano de aula submetido ao Portal do Professor, em avaliação.

significativa, pois enfatiza a construção dos modelos dos fenômenos e, conseqüentemente, a construção do conhecimento, a partir de uma atividade autônoma do aluno. Nas aulas em que ocorreu esta prática, percebeu-se não somente bons resultados de aprendizagem, mas também a “quebra” clara das várias concepções alternativas.

Os alunos utilizarão atividades interativas, exploratórias e experimentais virtuais. Da primeira a quarta aula será necessário o uso do laboratório de informática da escola, onde os alunos poderão ser divididos em grupos segundo a disponibilidade de computadores. Recomenda-se a instalação prévia do software Modellus, que pode ser obtido através do endereço eletrônico: [Modellus" http://modellus.fct.unl.pt/](http://modellus.fct.unl.pt/).

Ao acessar o segundo endereço para obtenção do programa, será necessário o preenchimento de um cadastro por quem está fazendo o download do arquivo, desta maneira, pode-se ter acesso gratuito aos fóruns e tutoriais completos do portal para sanar as possíveis dificuldades que os professores e alunos possam apresentar durante o desenvolvimento das atividades. A versão utilizada durante a aplicação desta sequência de aulas foi Modellus 4.01. Não é necessário que todas as máquinas possuam conexão com a internet, pois o software pode ser salvo em *pendrive* e, posteriormente, nas demais máquinas. A internet é apenas uma ferramenta adicional, na qual os alunos poderão fazer pesquisas e encontrar figuras que serão utilizadas na construção das simulações. O aluno utilizará o computador durante quatro aulas, de um total de seis.

1ª Aula: a primeira aula deve ser utilizada para a apresentação/introdução do software Modellus. Cada grupo, orientado pelo professor, depois de aberto o programa, deve dar início à exploração das diferentes ações disponíveis nas abas da barra de ferramentas presentes na parte superior da janela principal do programa (figura 1(a)). Como para iniciar a montagem de uma simulação, é preciso escrever o modelo matemático do movimento que será simulado, é interessante, neste caso utilizar o próprio tutorial do software, que apresenta exemplos inclusive no tema Cinemática. Em seguida, pode-se explorar as ferramentas de modelagem, mostrando ser possível a alteração da variável independente (tempo) a qualquer momento. Os alunos poderão preencher os dados relacionados aos parâmetros e condições iniciais e inserir uma partícula, vinculando-a a essas variáveis.

2ª Aula: na segunda aula os alunos já podem construir uma simulação, na qual colocam uma partícula em movimento em situações similares àquelas tratadas na primeira aula, contudo, livres para contextualizarem a situação-problema, os parâmetros e as condições de contorno do modelo físico. Por exemplo, sugerindo-se aos alunos: “Façam com que um objeto seja colocado para movimentar-se em linha reta e com velocidade constante (movimento uniforme). A escolha dos valores da posição inicial, da velocidade da partícula e do tempo que esta partícula permanecerá em movimento, deve ser decidido pelo grupo.” Algumas questões podem ser levantadas pelo professor para a orientação dos trabalhos: “Como será esta partícula? Qual velocidade terá? Quanto tempo durará o movimento?”. É aconselhável neste momento, que os alunos tenham textos ou livros didáticos para consulta/revisão dos conceitos e modelos de cinemática, e que estejam a vontade para (re)discuti-los com o professor. Deve-se reservar o final da aula (10 mim) para análise das simulações e trocas de informações entre os alunos.

Durante a construção desta simulação com alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola em Rio Claro (SP), a atividade foi considerada fácil, mesmo para a parte de montagem do modelo matemático. Porém, as dúvidas giraram em torno de como inserir imagens em suas janelas de simulação para que essas ficassem com um visual melhor. Uma das simulações criadas neste caso, pode ser observada na figura 1(b).

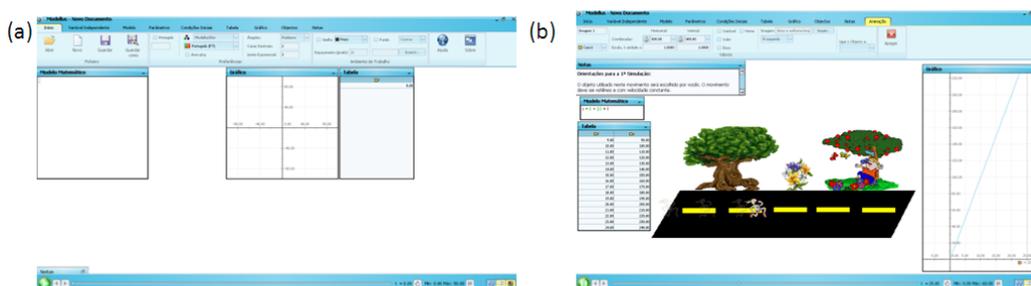


Figura 1 – (a) Tela padrão do software. ; (b) Simulação sobre o movimento uniforme criada pelo grupo A, com a utilização do software Modellus.

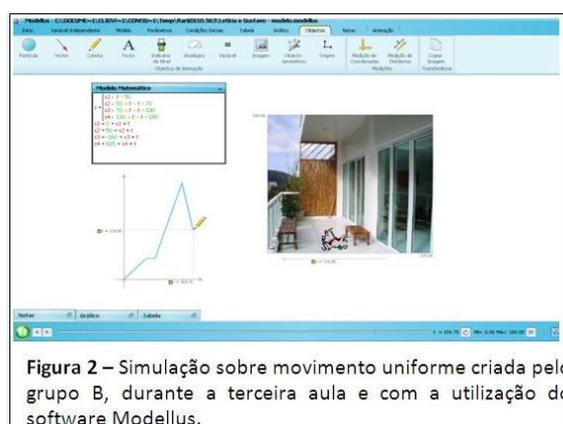
Disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/imagens/>

3ª Aula: na terceira aula, é interessante que os alunos sejam desafiados pelo professor a construir uma nova simulação, porém, para movimentos uniformes com valores de velocidades diferentes, como por exemplo: 1º) progressivo; 2º) repouso; 3º) progressivo, mas com velocidade diferente do 1º intervalo; e 4º) retrógrado. Ou, direcionando-se aos alunos: “Construam uma simulação onde um objeto se movimenta com velocidade constante,

quando por motivo qualquer este é obrigado a permanecer em repouso por determinado período de tempo. Posteriormente, continua a movimentar-se com velocidade constante, porém, maior que a utilizada no primeiro intervalo. De repente, se vê obrigado a voltar para o ponto em que havia partido. Lembrem-se de que o ambiente virtual onde isto ocorre e as velocidades utilizadas devem ser escolhidas pelos participantes do grupo”.

Os alunos podem apresentar maior dificuldade nesta simulação, já que as posições iniciais são diferentes para cada intervalo de tempo, e ser necessária a ajuda do professor para orientá-los na construção do modelo matemático.

Em geral, percebe-se, na aplicação de aulas como essa, que poucos grupos conseguem terminar a simulação. Daí, é importante que os alunos salvem os arquivos nos computadores, para retomarem a atividade a partir da quarta aula, se for o caso. Um exemplo de simulação resultante da aplicação desta aula pode ser observado na figura 2.



Disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/imagens/>

4ª Aula: na quarta aula é possível ter-se grupos em diferentes situações de conclusão das atividades. No caso, dos que já concluíram a tarefa da 3ª aula, pode-se desafiá-los a construir uma simulação em que a partícula deve possuir aceleração constante (movimento uniformemente variado), em que novamente se esta livre para escolher os valores da posição inicial, da velocidade inicial e da aceleração da partícula. Por exemplo, como sugestão aos alunos: “Façam com que um objeto se movimente por determinado período de tempo com aceleração constante. Os valores da posição inicial, da velocidade inicial, da aceleração e o tempo de duração deste movimento devem ser determinados pelo grupo”.

Durante a atividade, os alunos devem trabalhar com as funções matemáticas que descrevem o movimento com velocidade variável, ou seja, com aceleração constante (uniformemente variado), e devem ser estimulados a gerar simulações com os gráficos animados que o software proporciona. A figura 3 mostra um exemplo de simulação, onde os alunos escolheram comparar as diferenças entre os movimentos uniforme e uniformemente variado. Vê-se, assim, que essas atividades favorecem a iniciativa, a autonomia e a criatividade dos alunos.

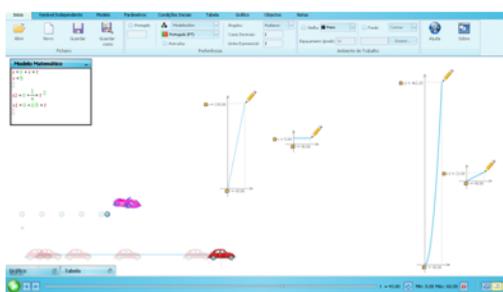


Figura 3 – Simulação onde os alunos comparam as diferenças entre os movimentos uniforme e uniformemente variado, criada pelo grupo C durante a quarta aula, com a utilização do software Modellus.

Disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/imagens/>

5ª Aula: na quinta aula, recomenda-se uma rápida apresentação e breve discussão das simulações construídas, até então, pelos grupos. Como sugestão, o professor poderá agendar a utilização de um projetor multimídia disponível em sua escola. Portanto, a aula poderá ser realizada tanto em sala de aula como no laboratório de informática. No caso de não haver disponível um projetor multimídia, o professor poderá salvar, previamente, uma cópia de todas as simulações em cada uma das máquinas utilizadas. Desta maneira, os alunos poderão compartilhar suas simulações.

6ª Aula: na sexta aula, pode ser aplicado um questionário avaliativo sobre o conteúdo abordado nas simulações e, desta maneira, o professor poderá complementar a análise sobre a aprendizagem significativa dos alunos ao tema abordado. O questionário completo está disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/questionarios/>.

Após a realização da sequência de aulas propostas, espera-se que os alunos consigam interpretar (explicar o sentido), analisar (decompor em partes) e compreender melhor os conceitos sobre o movimento através de gráficos. Mas também, espera-se a

melhora na compreensão de como são construídas as simulações e jogos que os alunos têm contato em seu cotidiano.

Este processo será ativado através de situações desafiadoras ao tentar construir sua própria simulação com o auxílio do software de modelagem matemática Modellus, tendo a interação com tecnologias computacionais no ensino de Física.

Recursos Complementares

Links para a consulta/revisão dos conceitos e modelos de cinemática:

- <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaColecaoAula.html?id=469>
- <http://educar.sc.usp.br/fisica/muvteo.html>
- <http://www.efeitojoule.com/2009/01/movimento-uniformemente-variado.html>
- <http://www.brasilecola.com/fisica/movimento-uniforme.htm>
- <http://www.brasilecola.com/fisica/movimento-uniformemente-variado.htm>
- <http://www.pet.ufal.br/petcivil/downloads/paespe/FIS/Intaf%C3%ADsica.pdf>

Links de apoio aos professores para a utilização do Modellus nas aulas de Física:

- http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442004000200013&script=sci_arttext
- http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v24_87.pdf
- http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172012000200011&script=sci_arttext
- <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0089-1.pdf>
- <http://www.ensino.eb.br/portaledu/conteudo/artigo1035.pdf>

Avaliação

Não se recomenda que a avaliação do conteúdo, após tais aulas, seja totalmente embasada em resolver exercícios do tipo lápis e papel. Durante as aulas que transcorrerem no laboratório de informática, o professor poderá observar o empenho dos grupos na construção de suas simulações (pesquisas, dúvidas, aproveitamento da atividade) e, somado a isso, levar em conta a análise feita sobre os questionários avaliativos. O questionário avaliativo completo utilizado na sexta aula está disponível em: <http://dc.barsotti.zip.net/questionarios/>.