

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

MARCELO TOMANIK

O USO DO SOFTWARE MODELLUS NA FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS
EM FÍSICA DENTRO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA DA SALA DE AULA
INVERTIDA

SÃO CARLOS
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

MARCELO TOMANIK

O USO DO SOFTWARE MODELLUS NA FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS
EM FÍSICA DENTRO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA DA SALA DE AULA
INVERTIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Exatas da Universidade Federal de São
Carlos, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de
Ciências Exatas

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Alessandra Riposati Arantes

SÃO CARLOS

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T655u Tomanik, Marcelo
O uso do software Modellus na formação inicial de licenciandos em física dentro da abordagem metodológica da sala de aula invertida / Marcelo Tomanik. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
81 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Modellus. 2. Ensino de Física. 3. Modelagem matemática. 4. Tutorial. 5. Sala de aula invertida.
I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Marcelo Tomanik, realizada em 28/08/2015:

Profa. Dra. Alessandra Riposati Arantes
UFSCar

Profa. Dra. Gláucia Gruninger Gomes Costa
USP

Profa. Dra. Dúcei Garcia
UFSCar

AGRADECIMENTOS

Aos professores do PPGECE, em especial à Professora Doutora Ducinei Garcia por ter acreditado que eu, mesmo morando tão longe de São Carlos, não abandonaria o curso.

À minha orientadora, Professora Doutora Alessandra Riposati Arantes, pela paciência e compreensão em minhas idas e vindas.

À secretaria do PPGECE, nas pessoas de Júnior e Jociane, pela prontidão e boa vontade em sempre nos ajudar.

Aos meus colegas de PPGECE, Alexandre, Lucas, Williams, Raphael, Thomas e Norberto, por terem me recebido tão bem em uma turma que já caminhava há um ano.

Aos meus pais Benedicto e Elisabeth, meus primeiros professores, por me ensinarem, dentre outras coisas, o valor do estudo e do conhecimento e por sempre terem sido presentes em todos os momentos de minha vida.

Às minhas irmãs Raquel e Aline, por me fazerem acreditar que eu sou inteligente, mesmo sendo elas mais jovens e tendo obtido o grau de mestre bem antes de mim.

Ao meu primeiro professor de Física, Ildeu Kaiser, do Colégio Batista Mineiro em Betim por, aos meus 16 anos de idade, ter sido a inspiração que me levou a iniciar o caminho profissional que sigo até hoje.

Aos meus amigos do ensino médio, antigo 2º grau científico, Alex, Antônio, Cibele, Juliana e Pollyana, que me fizeram acreditar que eu era bom em Física. Me enganaram muito bem...

A todos os meus alunos, que tenho, tive e terei, pois sem eles, eu não chegaria até aqui e não teria vontade de ir além.

A todos que mesmo não aqui listados sabem que, de alguma forma, colaboraram para que esse objetivo fosse alcançado.

Núbia, por sua presença, carinho e incentivo nos momentos finais. Tenha certeza que foi muito importante.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma experiência de aplicação da metodologia denominada Sala de Aula Invertida em uma turma de licenciandos de Física da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando um software de modelagem matemática computacional, o Modellus, em sua versão 0.4.05, que se destaca por sua capacidade de simulação de variados fenômenos, em especial os estudados no ensino de Física. O objetivo perseguido na realização da experiência, e na elaboração deste texto, foi demonstrar a viabilidade da aplicação da metodologia denominada Sala de Aula Invertida a partir do desenvolvimento de materiais instrucionais simples e com o emprego de recursos disponíveis à maioria dos professores de Física. A escolha do Modellus como base da experiência se deu por sua inegável utilidade como ferramenta educacional aos professores e licenciandos de Física e por uma sentida necessidade de divulgação desse software. Neste texto se apresentam a descrição dos materiais desenvolvidos, a forma de desenvolvimento deles e os instrumentos utilizados para a aplicação da experiência de coleta de seus resultados. Em virtude do emprego do Modellus com alunos de licenciatura foi elaborado um capítulo descrevendo brevemente a trajetória das licenciaturas de Física no Brasil até os dias atuais e outro discutindo a importância da modelagem matemática no ensino, bem como uma revisão literária de trabalhos relacionados à modelagem e/ou ao Modellus. Os resultados da experiência reforçam não só a viabilidade da Sala de Aula invertida, mas também a necessidade de maior divulgação do Modellus entre professores e licenciandos, o que levou à elaboração de um tutorial em texto cobrindo todo o conteúdo de Física utilizado na experiência.

Palavras-chave: Modellus, ensino de Física, modelagem matemática, tutorial, sala de aula invertida

ABSTRACT

This paper presents an application experience of the methodology called Flipped Classroom in a class of undergraduates in physics at the University of Uberlandia, using a computational mathematical modeling software, the Modellus, in its version 0.4.05, which stands for a simulation capability of varying phenomena, especially those studied in physics teaching. The goal pursued in carrying out the experiment, and this paper, was to demonstrate the practicability of applying the methodology called Flipped Classroom from the development of simple instructional materials and the use of resources available to most physics teachers. The choice of Modellus, as base of the experience, was for its undeniable usefulness as an educational tool for teachers and undergraduate students of Physics and a felt need for dissemination of this software. In this paper we present the description of the materials developed, the way of their development and the instruments used for the implementation of experience and the collect of its results. Because of Modellus employment with undergraduate students, a chapter was dedicated to briefly describing the trajectory of teachers graduation in Physics in Brazil until today and another discussing the importance of mathematical modeling in teaching, as well as a literature review of studies related to modeling and / or Modellus. Experiment results reinforce not only the practicability of the inverted Classroom, but also the need for greater disclosure of Modellus between teachers and undergraduates, which led to the preparation of a written tutorial covering the entire contents of physics used in the experiment.

Keywords: Modellus, Physics teaching, mathematical modeling, tutorial, flipped classroom

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tela inicial do Modellus.....	52
Figura 2: Janela de Modelo Matemático.....	54
Figura 3: Janela de Gráficos.....	56
Figura 4: Área de Trabalho do Modellus.....	56
Figura 5: Janela de Modelo Matemático com as equações do modelo.....	57
Figura 6: Gráfico $h \times t$ do modelo.....	58
Figura 7: Gráfico $h \times t$ do modelo, redimensionado e limitado a valores positivos.....	58
Figura 8: Área de trabalho do Modellus com as quatro representações do modelo.....	59
Figura 9: Equações das velocidades V_x e V_y inseridas no modelo matemático.....	60
Figura 10: Vetor V_y ligado à partícula de animação.....	61
Figura 11: Vetor V_x acrescentado à partícula de animação.....	61
Figura 12: Vetor da velocidade resultante representado na partícula de animação.....	61
Figura 13: Vetores de velocidade representados em diversos pontos da animação.....	62
Figura 14: Modelo matemático parametrizado.....	63
Figura 15: Equações de S e h acrescentadas ao modelo parametrizado.....	64
Figura 16: Animação obtida para o modelo com 3 parâmetros.....	64
Figura 17: Animação do mesmo modelo com as partículas partindo de uma mesma posição inicial.....	65
Figura 18: Configuração de tabela para o modelo parametrizado.....	65
Figura 19: Tabela obtida para o modelo parametrizado.....	66
Figura 20: Gráfico obtido para o modelo parametrizado.....	67
Figura 21: Área de trabalho com as 4 representações do modelo parametrizado.....	67
Figura 22: Barra de configuração do indicador de nível.....	68
Figura 23: Indicador de nível em 3 posições diferentes.....	68
Figura 24: Equações de um modelo condicional.....	70
Figura 25: Área de trabalho com as 4 representações do modelo condicional.....	70
Figura 26: Área de trabalho com as 4 representações de um segundo modelo condicional.....	71
Figura 27: Ferramenta caneta associada à partícula animada.....	72
Figura 28: Resultado do uso da ferramenta caneta.....	72
Figura 29: Modelo matemático com uso de derivada.....	73

Figura 30: Gráfico $s \times t$ e tangente em movimento progressivo.....	74
Figura 31: Gráfico $s \times t$ e tangente em movimento retrógrado.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa de licenciados entre 2002 e 2010 de acordo com censo do MEC de 2003 (Gobara e Garcia, 2007, p.521).....	20
Tabela 2 - Lista de funções pré-definidas no Modellus.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. TRAJETÓRIA PROFISSIONAL.....	14
3. PANORAMA HISTÓRICO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	16
3.1. Licenciaturas no Brasil.....	18
4. A MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA.....	21
4.1. O software Modellus.....	24
4.2. Breve panorama do uso do Modellus no ensino de Física no Brasil.....	25
5. A ABORDAGEM METODOLÓGICA: SALA DE AULA INVERTIDA.....	30
6. METODOLOGIA.....	32
6.1. O espaço da pesquisa.....	32
6.2. Os sujeitos da pesquisa.....	33
6.3. Coleta de dados.....	33
6.4. Descrição contextualizada da elaboração dos tutoriais.....	34
7. APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS E RESULTADOS.....	36
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXO I: QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA.....	48
ANEXO II: TUTORIAL DO SOFTWARE MODELLUS.....	50
1. Apresentação.....	50
2. Instalação e comandos básicos.....	51
3. Primeiros passos.....	54
4. Modelando um movimento em duas dimensões.....	57
5. Representando vetores.....	59
6. Trabalhando com parâmetros.....	62
7. Usando condições.....	69
8. Usando derivadas.....	72
ANEXO III: OBSERVAÇÕES AO PROFESSOR:.....	75

1. INTRODUÇÃO

Soares (1998) conta que certa vez o educador norte americano Langdon Winner, professor de literatura na escola média, por curiosidade questionou seus alunos sobre qual teria sido o livro de maior influência em suas vidas. Um terço deles não soube responder a tal pergunta. Outro terço respondeu que nenhum livro em especial os havia influenciado, e o terço restante citou livros escritos por apresentadores de programas de televisão de grande audiência. Ou seja, esses estudantes claramente haviam passado a maior parte de suas vidas expostos a televisores, videogames e computadores, cujo contexto cultural era baseado em códigos, recursos e ambientes virtuais. Dessa forma, seu universo era completamente distinto de seus professores.

Winner (1989), já na época afirmava que os estudantes de hoje sabiam tanto, ou até mais, quanto os de outros tempos, porém adquiriram seus conhecimentos, em maior parte, a partir de ambientes virtuais, possuindo, dessa forma, uma maneira particular de organização e compartilhamento de dados.

No ano 2000, Jacques Delors, em relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI, apresentado à UNESCO, fez referência a uma “nova ordem social”, onde as coisas acontecem em escala planetária e instrumentalizadas pelas novas tecnologias de comunicação. Tal “nova ordem”, vem precedida de novas tecnologias produtoras de mudanças que, como afirma Soares (1998) são próprias de uma nova era (a da Informação), que impulsiona um novo contexto cultural caracterizado pelo que se entende por “modernidade” e uma ainda indefinida “cultura da pós-modernidade”.

Um dos maiores desafios para um professor de ciências, no caso de Física, é trabalhar de forma eficiente e prazerosa o conjunto de informações e de conceitos necessários para uma aprendizagem significativa. Hoje o professor compete em grande desigualdade com a internet e com videogames (que são praticamente simuladores de realidade virtual), computadores, *tablets* e outros dispositivos que só se viam em filmes de ficção.

Ao observar nosso setor, a educação, é forçoso para nós admitir a incapacidade de acompanhar o ritmo da tecnologia. É obrigatório, também, admitir que “tudo” é mais atrativo no “mundo lá fora”, do ponto de vista da escola atual. Ouve-se dos alunos que “a matéria é chata”, ou “a matéria é difícil”, ou ainda “não consigo decorar tantas fórmulas”. Por outro lado, os professores dizem que “os alunos não se interessam”, ou “não há esforço para aprender a matéria” e, desse jogo de empurra-empurra, com honrosas exceções, colhe-se em

geral, resultados sofríveis no processo de ensino-aprendizagem. Com isso, pode-se entender porque o Brasil está entre as últimas posições no PISA (Program for International Student Assessment) da UNESCO, conforme dados disponíveis no portal do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Conforme Borges (2006) melhorias no ensino de Física prescindem do aumento do número de professores formados. Entretanto é de vital importância a melhoria da formação inicial dos professores. Borges (2006, P.136) afirma também que o professor de Física deve ser capaz de fazer com que o aluno, ao final do Ensino Médio, seja capaz de “(i) conhecer os principais modelos da ciência, (ii) ter aprendido a modelar fenômenos, eventos e situações, (iii) ter desenvolvido a capacidade e adquirido o hábito de buscar, julgar e avaliar a qualidade dos argumentos e evidências disponíveis para a produção do conhecimento novo sobre os fenômenos e problemas trabalhados”. Além disso, sugere que dificuldades na adoção de um currículo que propicie o exposto residem no fato de a maioria dos professores, a despeito do currículo, enfatizarem a memorização de equações e fatos a serem utilizados de forma automática na resolução de exercícios em detrimento do desenvolvimento do pensar científico e de um olhar crítico e autônomo. Porém, tais professores assim o fazem apenas reproduzindo os métodos vivenciados em sua formação. Outro fator de dificuldade é a resistência ao uso de diferentes abordagens metodológicas em sala de aula.

Carl Wieman (2004), ganhador do Prêmio Nobel de Física, no ano de 2001 e também do prêmio Professor do Ano de 2004 do Conselho pelo Avanço e Apoio da Educação e Fundação Carnegie, afirmou em um encontro organizado pelo Departamento de Estado dos Estados Unidos da América, em 2004:

Nos últimos 500 anos, a ciência avançou rapidamente por se basear em testes experimentais das teorias e das práticas. O ensino de ciências, entretanto, por se guiar principalmente pela tradição e dogma permaneceu em grande parte medieval. A sociedade moderna necessita muito mais. Nossa diversificada população de estudantes merece uma educação de ciências capaz de dotá-los de uma apreciação significativa dos métodos e capacidades da ciência e das amplamente úteis habilidades de resolução de problemas.

Neste panorama percebemos que a melhoria do ensino de Física passa pela adoção, nos cursos de licenciatura, de ferramentas que auxiliem o futuro professor a ser capaz de desenvolver um ensino científico, que desenvolva nos estudantes a capacidade de observação, análise, raciocínio e autonomia no tratamento de um problema. Tais capacidades

podem ser trabalhadas com o software de modelagem computacional Modellus, que foi desenvolvido por professores da Universidade Nova de Lisboa, em Portugal. O software Modellus simula variados fenômenos, mas curiosamente é utilizado por poucos professores. Acreditamos que tal fato decorre da ausência de material instrucional organizado sobre o uso e emprego do Modellus. Na internet encontram-se, em maior número, tutoriais de versões obsoletas do Modellus que, limitam-se a indicar atalhos e comandos sem nenhuma proposta de uso.

Nesse sentido, o presente trabalho propõe um tutorial de uso do Modellus, em sua versão 0.4.05, direcionado ao ensino dos conceitos fundamentais da cinemática. No tutorial são apresentadas as ferramentas e comandos do software a partir de exemplos envolvendo conceitos de cinemática. Além da parte instrucional, o tutorial foi trabalhado dentro de uma abordagem metodológica denominada Sala de Aula Invertida com licenciandos de física, da Universidade Federal de Uberlândia.

O presente texto é estruturado em 9 capítulos e 2 anexos, sendo o capítulo 2 destinado à apresentação e breve descrição dos motivos que levaram à apresentação deste.

No capítulo 3 traçamos um breve histórico do ensino de Física em nosso país, passando pela trajetória das licenciaturas em geral e descrevendo a atual situação das licenciaturas em Física.

O capítulo 4 discorre sobre o uso da modelagem computacional no ensino de Física, introduz o software Modellus e traz uma breve revisão bibliográfica acerca de seu uso em nosso país.

O capítulo 5 discute a metodologia da Sala de Aula Invertida, sobre a qual se embasou a metodologia de pesquisa deste trabalho, enquanto o capítulo 6 descreve o espaço e os sujeitos da pesquisa, bem como a metodologia de pesquisa qualitativa e o capítulo 7 apresenta as atividades propostas na pesquisa e seus resultados.

No capítulo 8 são feitas as considerações finais, onde são discutidos os resultados obtidos e perspectivas do uso do Modellus.

No capítulo 9 são apresentadas as fontes consultadas para que se apresentasse o presente trabalho.

Por fim, nos anexos I e II apresentamos, respectivamente, o questionário de avaliação da pesquisa e o tutorial do software Modellus, direcionado ao assunto abordado no trabalho de pesquisa.

2. TRAJETÓRIA PROFISSIONAL

Posso dizer que minha trajetória como Professor de Física iniciou-se quando ainda era estudante do ensino médio, mais precisamente no 2º ano. No ano de 1987 fui reprovado em Física no 1º ano do ensino médio. À época estudava na Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo, na cidade de Betim/MG, e tal fato foi marcante em minha vida não só por ter sido minha primeira reprovação em minha trajetória estudantil, mas por ter sido em uma disciplina da classe das “ciências”, área em que sempre tive facilidade e me destaquei. A reprovação me revoltou, pois não entendia como eu não tinha conseguido aprender conceitos de uma área que sempre foi a “minha área”. No ano seguinte, repetindo o 1º ano, dediquei-me mais ainda aos estudos. Com dificuldades, meus pais pagaram uma escola particular, visando à preparação para o vestibular. No ano de 1988, iniciei meu 2º ano do ensino médio na unidade de Betim do Colégio Batista Mineiro, onde fui aluno do saudoso, e sempre meu exemplo, Professor Ildeu Kaiser. Nas aulas do Professor Ildeu sempre me impressionavam a sua capacidade de prender nossa atenção e a clareza com que os conceitos mais difíceis se tornavam simples e acessíveis àqueles adolescentes de meados da década de 1980. Ao mesmo tempo que me encantava com a maneira que o Professor Ildeu ensinava, crescia em mim, inconscientemente, o desejo de ensinar e sempre que possível ajudava meus amigos, citados nos agradecimentos deste trabalho. Com o passar do tempo, entendi que minha reprovação no 1º ano do ensino médio era, em parte, responsabilidade de meu professor daquela época, um dos mais “temidos” da cidade, que sem a mínima capacidade de motivar seus alunos, obtinha seus resultados pelo temor que nos causava.

Ao fim do ensino médio, e após um curso pré-vestibular intensivo de um mês, ingressei no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais. Nesta época vivíamos os últimos dias das “licenciaturas curtas”, e estando eu alheio à situação, escolhi cursar Engenharia Mecânica como um “Plano B”, que me permitiria lecionar Física e ainda contar com o salário de um engenheiro.

Logo que ingressei no ensino superior, consegui ser designado professor auxiliar em uma escola estadual próxima à minha casa, ainda em Betim. Lecionava matemática para uma 5ª série do ensino noturno. Era uma época de greves constantes em que a maioria dos professores não eram efetivos e, por isso, o quadro de docentes apresentava grande rotatividade. À medida que professores deixavam a escola, mais turmas me eram

oferecidas e, conseqüentemente, menos disciplinas eu cursava na Engenharia Mecânica. Um certo dia percebi que eu tinha abandonado minha graduação e me tornado “apenas” professor.

Em 1998 recebi um convite para atuar como professor em um pré-vestibular da cidade de Divinópolis/MG. Em 2000 fui convidado a trabalhar no Centro de Educação Integral, uma das mais tradicionais escolas da rede particular da cidade. Surgiu então a necessidade de um diploma, por isso em 2005 graduei-me licenciado em Física no Centro Universitário de Formiga/MG e em 2007, recebi o título de Especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Universidade Federal Fluminense/RJ.

No ano de 2009, após aprovação em um concurso público da Polícia Civil do Estado de Minas Gerais, abandonei o magistério e mudei-me para a cidade de Araxá/MG, onde ainda resido. A ausência da sala de aula afetou minha saúde e comecei a sofrer de depressão, que atingiu seu auge no final de 2012, ocasião em que entendi que minha cura seria o retorno ao magistério.

No ano de 2013 fui admitido como professor do Centro Universitário do Planalto de Araxá (Uniaraxá) e a necessidade de melhorar minha formação me levou a ingressar no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE) da Universidade Federal de São Carlos. No programa me chamaram a atenção as disciplinas “Física na web”, ministrada pela professora Alessandra Riposati que me levou a conhecer, e me interessar por tecnologias informatizadas para o ensino de Física, e a disciplina “O Ensino de Ciências e Matemática através da Modelagem de Fenômenos Naturais”, ministrada pelos professores Adalberto Picinin e José Antônio Salvador, que despertou em mim o interesse pela modelagem de problemas e situações cotidianas. Sem demérito das outras disciplinas que cursei e dos demais professores do PPGECE, o conjunto de conhecimentos adquiridos nas disciplinas citadas, motivaram-me a pedir a orientação da professora Alessandra Riposati que, com imensurável paciência e dedicação, me ajudou a elaborar o presente trabalho.

3. BREVE PANORAMA HISTÓRICO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

A maneira que a Física é ensinada em nosso país reflete, em grande parte, o que é feito ao redor do mundo. Na década de 50 nos EUA, os integrantes do N.S.F. (National Science Foundation) perceberam que os estudantes terminavam sua formação inicial com pouco conhecimento específico em matemática, física, química e biologia. Com isso iniciou-se um movimento de renovação do ensino de ciências, que se estendeu, posteriormente, à Europa e aos demais continentes.

Em 1956, um grupo de professores universitários, de professores de física em nível secundário e do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), liderados por Jerrold Zacharias e Francis Friedman, formou o Physical Science Study Committee (PSSC) para pensar e propor maneiras de reformular o ensino de Física em cursos introdutórios. O grupo reuniu diversos profissionais, dentre eles cientistas, professores, psicólogos, escritores, fotógrafos, e outros, para produzir um novo curso de Física para a escola secundária norte-americana. O objetivo dos idealizadores do projeto era propor livros textos que estimulassem, o interesse dos estudantes pelo assunto, levá-los a pensar como cientistas e resolvessem problemas da mesma forma que um físico. Poderíamos dizer que o projeto de Física PSSC foi um dos maiores representantes do movimento inovador no ensino de ciências, onde surge pela primeira vez a concepção de um sistema de ensino, composto por uma coleção de livros e kits com roteiros de experimentos. Apesar da inovação tal iniciativa não obteve o êxito esperado, pois o PSSC era focado no ensino, sem se preocupar com a aprendizagem. No início da década de 60 o PSSC chegou ao Brasil, onde foi largamente utilizado, sendo possível encontrar algum material remanescente em escolas mais antigas. Tanto aqui, quanto no exterior, o PSSC, foi um importante movimento pois motivou pesquisas em Educação. Nesta mesma década, surgiram outros importantes projetos de ensino de Física, como o *Harvard Physics Project*, também nos Estados Unidos, o *Nuffield*, da Inglaterra e, no Brasil o PEF, Projeto de Ensino de Física da Universidade de São Paulo.

Na década posterior, foram iniciadas as pesquisas sobre diagnosticar e solucionar as concepções alternativas dos alunos e, na década de 1980 os estudos sobre como trabalhar as possibilidades de mudanças conceituais tiveram seu ponto máximo com Mortimer (1996) e Nardi e Gatti (2004). A partir da década de 1990 a pesquisa em Ensino de Física debruçou-se em investigar diferentes enfoques, como: “Física do Cotidiano”, “Experimentos de Baixo Custo”, “História e Filosofia da Ciência”, “Ciência, Tecnologia e Sociedade”, dentre outros. Merece especial menção, na década de 1980, a criação do GREF – Grupo de

Reestruturação do Ensino de Física, uma iniciativa de professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, juntamente com professores da rede pública estadual de ensino básico do estado de São Paulo. Paralelamente ao desenvolvimento da pesquisa, houve notável avanço em relação ao material didático, sendo considerado um marco a coleção “Curso de Física” de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo que propunha “a reabilitação da explicação”, contrapondo à maioria dos livros da época que se compunha apenas de demonstrações, gráficos, equações e exercícios resolvidos, com pouco, ou nenhum texto explicativo, conforme conta Moreira (2000). Tive o prazer de estudar nos anos de 1988 a 1990 utilizando a coleção “Curso de Física” e anos mais tarde adotá-lo na prática docente. Apesar da inovação a coleção conservava a tendência do ensino da época, a preparação para vestibulares, pois possuía os temidos “exercícios suplementares”, compostos por baterias de questões dos concursos mais concorridos da época, muitas vezes questões descontextualizadas, ou com contextualização forçada, mero pretexto para aplicações de conhecimentos matemáticos.

Apesar de ter-se iniciado na Europa e Estados Unidos na segunda metade do século XIX, o ensino por investigação, também conhecido por *Inquiry*, chegou tardiamente ao Brasil em meados da década de 1990. Segundo Zompero e Laburu (2011), tal modalidade de ensino rompia com o modelo tradicional, uma vez que incentivava a autonomia do estudante através do estímulo de sua curiosidade científica quando, após o cumprimento de algumas etapas como formulação de hipóteses, coleta de dados, dentre outras, os estudantes seriam capazes de formular uma resposta aos problemas iniciais.

Em 1996, a chegada da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) representou significativo avanço, pois ela passou a determinar um rumo, com metas, definições e referenciais para a prática educacional, obviamente incluindo o ensino de Física. Destacam-se também as novas diretrizes em relação à formação do professor, valorizando o papel do licenciado em uma época em que a maioria dos professores de Física eram engenheiros ou licenciados em Matemática; um reflexo do ensino voltado para o vestibular.

Finalizando este breve histórico é necessário registrar o surgimento e o progresso na criação de eventos na área de ensino de Física, como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em anos ímpares e o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), cujas contribuições são extremamente importantes para a discussão do processo de ensino-aprendizagem de física.

3.1. LICENCIATURAS NO BRASIL

Conforme Mesquita e Soares (2010) a década de 1930 marca o início da oferta de cursos de licenciatura no Brasil. Tal iniciativa coincidia com a transição de economia rural a industrial e por consequência a necessidade de popularização da educação, consolidada na era Vargas, com a expansão da oferta de ensino público. Inicialmente os cursos de formação de professores eram atribuições das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras, existentes nas recém-implantadas Instituições de Ensino Superior, como preconizava a Reforma Francisco Campos, de 1931, que dispunha sobre a organização do ensino secundário e sobre o registro dos profissionais que nele atuariam.

As primeiras experiências relacionadas à formação de professores se deram nas cidades do Rio de Janeiro, no Instituto de Educação do Distrito Federal, em 1932 e em São Paulo, através do Instituto de Educação de São Paulo, no ano de 1934. Por mais de uma década foi notável a ausência de uma legislação que regulamentasse, nacionalmente, a formação de professores, situação que só veio a ser corrigida através do Decreto-Lei nº 8.530/1946, que pode ser considerado a primeira diretriz nacional para a formação de professores que atuariam no ensino básico.

Ainda durante o Governo Getúlio Vargas, houve uma reestruturação das universidades do Rio de Janeiro, então Distrito Federal, que consolidadas deram origem, em 1937, à Universidade do Brasil (UB), que representava o modelo de universidade defendido pelo Estado à época. Por força de lei, no ano de 1939 a UB passou a se chamar Faculdade Nacional de Filosofia (FNFfi), ofertando inicialmente 11 cursos, a saber: Matemática, Química, Física, Geografia, História Natural, História, Ciências Sociais, Letras Clássicas, Letras Neolatinas, Letras Anglo-Germânicas, Filosofia e Pedagogia. Todos os cursos eram estruturados em 3 anos com um ano de curso optativo de Didática. Aos que optavam pelo curso de Didática era concedido o título de Licenciado e, aos demais, o título de Bacharel.

Em 1962, o parecer nº 292 fixava em 1/8 a carga horária mínima de disciplinas pedagógicas nos cursos de licenciatura, distribuídas ao longo dos cursos de formação de professores, mas várias instituições mantiveram o modelo de 3 anos + 1 ano de disciplinas pedagógicas que, apesar de perfazerem ¼ da carga horária, concentravam-se em apenas um ano de curso. Tal modelo perdurou até 2002, quando a estrutura curricular foi modificada em observância ao parecer 9/2001 do Conselho Nacional de Educação.

Ao final da década de 1960 a estrutura educacional já se encontrava consolidada, mas ainda assim a demanda por cursos de licenciatura em ciências exatas ainda

era baixa. Um estudo realizado por Beisegel, citado por Schnetzler (2002) mostra que de 1937 a 1965, optaram pelo magistério apenas 38 dos 316 alunos do Departamento de Química da USP. Tal situação, ainda conforme Mesquita e Soares (2010), no início da década de 1970, levou à criação das chamadas Licenciaturas Curtas, que em caráter emergencial, admitiam que bacharéis em engenharia, direito, medicina, dentre outras áreas afins às disciplinas da educação básica, bem como técnicos de nível médio atuassem como professores mediante uma complementação de carga horária pedagógica entre 600 a 1480 horas, de acordo com a formação do profissional. Apesar do caráter emergencial, o modelo de Licenciaturas Curtas perdurou até a década de 1990.

A Constituição de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), nº 9.394/1996 marcaram um retorno à “valorização do magistério”, com a definição de, por exemplo, 200 dias letivos mínimos anuais dos cursos de Licenciatura bem como uma carga horária mínima de 300 horas atividades práticas profissionais.

A LDB, em seu artigo 62 define os requisitos mínimos para atuação profissional no magistério:

A formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior, em curso de licenciatura, de graduação plena, em universidades e institutos superiores de educação, admitida, como formação mínima para o exercício do magistério na educação infantil e nas quatro primeiras séries do ensino fundamental, a oferecida em nível médio, na modalidade Normal.

De acordo com dados do Ministério da Educação (MEC), apresentados por Gobara e Garcia (2007), a Física era, no ano de 2003, a segunda disciplina a produzir o menor número de egressos dos cursos de Licenciaturas pouco à frente apenas da Educação Artística e muito atrás da Química. A tabela a seguir, com dados do censo educacional do MEC do ano de 2003 apresenta uma estimativa do número de egressos dos cursos de licenciatura entre os anos de 2002 e 2010. Tais dados, apesar de antigos, ilustram a discrepância entre o número de licenciandos em Física e as demais disciplinas da área de ciências exatas.

Tabela 1: Estimativa de licenciados entre 2002 e 2010 de acordo com censo do MEC de 2003 (Gobara e Garcia, 2007, p.521)

Disciplina	Estimativa de licenciados 2002 a 2010
Língua Portuguesa	221.981
Matemática	162.741
Biologia	126.488
Geografia	89.121
Química	25.397
Língua Estrangeira	219.617
Educação Física	84.916
Educação Artística	12.400
História	102.602
Física	14.247

Em 2006 a Comissão de Ensino da Sociedade Brasileira de Física (SBF) realizou um estudo da situação das Licenciaturas em Física no Brasil, levantando dados como oferta de vagas e número de egressos. O estudo utilizou dados do MEC e também dados obtidos por meio de questionários enviados a todas Instituições de Ensino Superior que ofertavam o curso de Licenciatura em Física. Dentre os vários resultados obtidos, destacam-se a existência de 202 cursos de Licenciatura em Física no Brasil, sendo as regiões Sudeste e Nordeste as que os concentram em maior número, 74 e 59 respectivamente. O estado da federação que possui o maior número de cursos é o de São Paulo, com 40 e o que possui o menor número é o de Roraima, com apenas 1. Das 202 Instituições que receberam o questionário da SBF apenas 30 enviaram resposta, e nesse universo, foram graduados, de 2001 a 2005, 1963 professores de Física.

Dados atuais, apresentados no parecer 02/2015 do Conselho Nacional de Educação indicam que em 2013, considerando as redes pública e privada bem como as modalidades presencial e à distância, houve 9.172 ingressantes em licenciaturas de Física e apenas 1.826 graduados. Atualmente há 50.543 docentes lecionando física no Ensino Médio, sendo que apenas 27,1% destes lecionam apenas física, enquanto a maior parte do restante leciona Física e Matemática. Chama a atenção que, do total de professores de Física, apenas 18,7% graduaram-se licenciados em Física, sendo possível encontrar no grupo restante (81,3%) cerca de 32% de licenciados em Matemática.

4. A MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA

Pode-se dizer que o ensino de Física, sobretudo no Ensino Médio, é calcado em modelos, que são descrições simplificadas de situações idealizadas aceitas pela comunidade científica. Tais modelos envolvem descrições semânticas e/ou matemáticas de situações que não possuem existência real na natureza e possuem apenas as características principais dos sistemas aos quais se propõem a representar.

A compreensão de conceitos físicos e matemáticos, sobretudo no Ensino Médio, constitui-se num dos grandes entraves ao ensino das Ciências Exatas de forma geral. Um dos fatos causadores de tal dificuldade é a falta de conhecimento em modelagem matemática na resolução de problemas. Tal falta de conhecimento se dá em grande parte pela falta de vivência do processo de modelagem ao longo do ensino fundamental, muitas vezes por deficiências na aprendizagem dos conhecimentos matemáticos necessários.

Conforme Veit e Teodoro (2002) a introdução da modelagem no ensino de Física contribui para a desmistificação dela como uma disciplina difícil em que apenas se decoram equações sem origens e finalidades definidas. Ainda, segundo Veit e Teodoro, a linguagem matemática envolvida nas ciências não deve ser encarada como *explicação*, mas como um conjunto de *representações* de processos naturais, que dificilmente poderiam ser reproduzidos, e citam como exemplo as interações entre corpos celestes.

Modelar um sistema físico significa reproduzir idealizadamente algumas, ou todas, as suas características físicas que o descrevam, representando-as numa linguagem de fácil acesso e uso. Existe uma grande variedade de modelos que dependem do que se queira representar, existem modelos mentais, computacionais, matemáticos, físicos e conceituais, por exemplo. Ao ensino de Física interessam particularmente os modelos mentais, que como o nome sugere são internos à mente e construídos à medida que precisamos desenvolver um raciocínio ao nos deparar com uma situação nova e os modelos conceituais, que utilizamos para comunicar de forma verbal, ou simbólica, as inferências obtidas a partir de nossos modelos mentais.

Modelos físicos tem origem em modelos conceituais que são apresentados através de linguagem matemática e/ou diagramas. Se tais modelos descrevem determinados fenômenos conhecidos com graus de precisão reconhecidos pela comunidade científica, tais modelos passam a ser considerados modelos científicos. O processo de modelagem científica segue uma teoria subjacente, denominada por Halloun (1996, apud VEIT; ARAÚJO, 2005) modelagem esquemática. Segundo Halloun a modelagem esquemática ocorre em cinco estágios não hierárquicos, sendo estes: seleção, construção, validação, análise e expansão.

Durante a seleção, escolhe-se um modelo físico apropriado de uma biblioteca de modelos conhecidos em uma determinada teoria. A seleção se dá a partir do domínio do modelo e é guiada pelo propósito da modelagem, além da validade da mesma.

Na construção, como o nome sugere, são construídos modelos matemáticos que incorporam as leis e relações teóricas conhecidas com a finalidade de resolver o problema.

Na fase de validação considera-se a consistência interna do modelo, confrontando cada representação matemática com seu equivalente real e avaliando se são satisfatórias.

A análise é o momento de verificar se todos os propósitos estão sendo contemplados com o modelo em construção. Nesta fase devem ser consideradas questões relativas à abrangência do modelo.

Por último, a expansão é a fase reflexiva, onde avalia-se todo o modelo e verifica-se se ele permite predizer novas situações para o sistema estudado, inferir explicações para outros sistemas semelhantes ou ainda extrapolar o modelo para a construção de novos modelos.

A modelagem pode ser feita à mão como nos tempos de Newton, também nos dias de hoje com grande dose de tempo e disposição, ou utilizando-se de recursos computacionais. Nesse contexto, citamos Camiletti e Ferracioli (2001):

Se a versão em papel e lápis de um modelo revela sua natureza estática, onde é privilegiada uma visão instantânea da realidade física, a sua versão computacional é dinâmica, na medida em que o modelo pode ser rodado e os resultados desse processamento, auxiliarem na reestruturação e melhoria do modelo inicial, possibilitando, dessa forma, vislumbrar a evolução temporal dessa mesma realidade física.

Por muito tempo contou-se apenas com a própria matemática, uma vez que é recente a disponibilidade de recursos computacionais da forma acessível como é hoje. O desenvolvimento da tecnologia computacional se deu em grande velocidade e, com ela, a popularização dos computadores pessoais, com conseqüente e sensível redução no preço deles. Juntamente à evolução tecnológica dos hardwares, os sistemas operacionais se tornaram mais amigáveis, contribuindo para a criação de um grande número de softwares, sendo muitos deles voltados para a área educacional.

O uso da modelagem de problemas físicos proporciona um maior grau de liberdade em relação à análise do problema, uma vez que toda a tarefa de calcular é realizada por um software ou ambiente virtual. Assim a análise de hipóteses, resultados, contextualização e validade do modelo podem ser estudadas com maior disponibilidade de tempo e com mais atenção. A modelagem computacional nada mais seria do que a modelagem esquemática de Halloun, auxiliada por um recurso tecnológico responsável pela realização de cálculos e/ou construção de gráficos. A exploração da modelagem computacional de problemas de Física ocorre a partir de duas abordagens: o aluno recebe o modelo construído e o manipula no software através da inserção de valores ou manipulação de controles e/ou ícones, modificando os resultados obtidos e a outra em que o aluno deve construir o modelo, escrevendo suas equações, gerando os possíveis gráficos necessários até obterem e analisarem os resultados possíveis.

A primeira abordagem é chamada exploratória, sendo essa adotada pelo PhET¹ (sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física) da Universidade do Colorado-Boulder, nos Estados Unidos, que se compõe de uma série de simulações em Java, Flash e HTML-5, onde são possíveis a manipulação de variáveis, seja através da inserção de valores ou da movimentação de ícones em painéis de controle. Nesse tipo de ambiente a autonomia do aluno é limitada, uma vez que o modelo já se encontra pronto e acabado restando a ele apenas a interpretação de diferentes resultados de acordo com as configurações por ele inseridas.

¹ PhET, acessível no endereço <http://phet.colorado.edu>, é um conjunto de aplicativos em Java, Flash e HTML5 que simula diversos eventos relacionados às mais diversas ciências naturais. Tudo necessitando apenas a movimentação do mouse, com os dados sendo informados em tempo real, facilitando ainda mais o aprendizado. As simulações são relacionadas às seguintes áreas: física, química, biologia, ciências da Terra e matemática. As simulações rodam no navegador e muitas delas estão traduzidas para a língua portuguesa. Algumas simulações possuem gráficos, conferindo maior precisão às análises.

A segunda abordagem transfere ao aluno a responsabilidade de construir o modelo desde a sua abordagem matemática até o resultado obtido de forma computacional. Essa abordagem, denominada expressiva, permite ao aluno passar por todas as etapas da modelagem esquemática de Halloum dando-lhe total autonomia no processo. De acordo com o nível de conhecimento do aluno, a modelagem na forma expressiva pode ser feita utilizando linguagens de programação de computador, como C++, Delphi, dentre outras, ou dentro de softwares concebidos para tal, desde generalistas como as planilhas do Microsoft Excel até específicos como o Geogebra para a matemática.

Para o ensino de Física, em particular, existe o software Modellus, que por suas características peculiares que serão descritas no decorrer do presente trabalho, permite seu uso tanto por abordagem exploratória quanto por abordagem expressiva.

4.1. O SOFTWARE MODELLUS

O Modellus é um software para a simulação de fenômenos que usa modelagem matemática, desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e distribuído livremente para fins educacionais em diversos idiomas, incluindo o inglês e espanhol além do português².

O software proporciona a alunos e professores a realização de experiências e resolução de exercícios através da construção e manipulação de modelos matemáticos permitindo uma atividade mais dinâmica e interativa por meio da construção de gráficos, animações e resolução de cálculos. Apesar do Modellus exigir uma determinada sintaxe de comandos ela é rapidamente assimilada e em nada se assemelha às diversas linguagens de programação computacional, assim podemos escrever de forma direta, as funções, equações diferenciais ou derivadas.

As primeiras versões do Modellus datam de 1997, desde 1999 é disponibilizado gratuitamente a partir da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Atualmente o Modellus está disponível em sua versão X.05, no endereço eletrônico <http://modellus.co/index.php/pt/baixar>, onde encontram-se versões para os sistemas operacionais Windows 32 e 64 bits, Linux e Mac OS. No endereço <http://modellus.fct.unl.pt/course/view.php?id=10> há um fórum com atividade recente com discussões entre usuários de diferentes países.

² Acessível em <http://modellus.co/index.php/pt/sobre>.

4.2. PANORAMA DO USO DO MODELLUS NO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Nesta seção é apresentada uma revisão da literatura relacionada ao uso do Software Modellus no Brasil. A pesquisa foi realizada em artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física e Física na Escola, editadas pela Sociedade Brasileira de Física, no Caderno Catarinense de Ensino de Física e também trabalhos apresentados em eventos relacionados ao ensino de Física e educação em geral. Em nossa pesquisa, a partir da ferramenta Google Acadêmico, foram encontrados 413 trabalhos que apresentavam em título ou resumo as palavras-chave Modellus, Modelagem e Ensino de Física. Como a busca se deu apenas por produções acadêmicas, esse número se reduziu a 13. A opção feita foi apresentar os trabalhos julgados mais relevantes no contexto de o ensino de física. Era esperado um maior número de artigos que abordasse o uso do software Modellus no ensino de Física, devido a potencialidade do software. Por conta do número reduzido de trabalhos publicados, aliado aos relatos de experiências bem-sucedidas nos trabalhos pesquisados, a conclusão é que existem muitas possibilidades de desenvolvimento de trabalhos, o que sugere que o tema se encontra em franco desenvolvimento e ainda distante de um possível esgotamento.

Vasconcelos et al. (2005) elaboraram o projeto de pesquisa intitulado “O ensino de Física assistido por computador com uma abordagem trigonométrica”, implantado junto a alunos do curso optativo para ingressantes na Universidade Federal do Ceará. O curso foi ministrado para os alunos do ensino médio que pretendiam cursar ciências exatas. Esse curso foi proposto com o objetivo de envolvê-los em uma atividade vinculada à universidade. Nesse trabalho os autores analisaram a contribuição da modelagem matemática computacional no estudo do Movimento Harmônico Simples, utilizando funções trigonométricas. Constataram inicialmente dificuldades por parte dos alunos em manipular o software Modellus, porém puderam gerar seus modelos, obtendo sucesso na verificação da viabilidade deles junto ao programa de computador. Ao final do curso os alunos foram capazes de observar os conceitos matemáticos envolvidos nas situações, bem como a aplicação real do modelo em uma situação física cotidiana.

Bastos e Paixão (2005) realizaram um trabalho de pesquisa em duas etapas com dois grupos de estudantes que totalizavam 52 alunos. Um dos grupos compunha-se de estudantes de licenciatura em Física da Universidade Estadual do Norte Fluminense e outro de concluintes do Ensino Médio do CEFET/Campos. Foi trabalhado o tópico Gráficos Cinemáticos, concomitantemente às aulas do grupo de licenciatura, enquanto o grupo de concluintes do ensino médio atuou sobre o mesmo tópico de forma voluntária e independente

das atividades regulares da escola. Os autores observaram que a utilização do software Modellus em sala de aula proporcionou aos alunos serem ativos em relação à construção de seu conhecimento. Por conta de o software ser uma ferramenta cognitiva permitiu aos alunos incorporarem à sua própria estrutura cognitiva os conceitos estudados. Notaram, porém, que em atividades que solicitavam modelar situações-problema os alunos apresentaram dificuldades relacionadas ao conhecimento dos conceitos físicos envolvidos e da sintaxe do software. Neste caso foi necessária uma intervenção do professor de forma a facilitar a execução das tarefas em questão, apesar de alguns alunos terem obtido sucesso na modelagem e execução da situação física proposta.

Araújo (2002) apresentou uma pesquisa realizada com alunos do primeiro ano do curso de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os alunos, divididos em dois grupos com vinte seis estudantes, trabalharam a interpretação de gráficos de cinemática. O primeiro grupo foi submetido as atividades exploratórias e de criação, utilizando o Modellus, enquanto o segundo grupo conduziu seus estudos de forma tradicional. Foi observada nítida melhoria na aprendizagem do grupo submetido às atividades com o Modellus, uma vez que o uso de computadores naturalmente promove maior motivação no aprendizado, exercendo influência positiva na predisposição dos estudantes em relação ao estudo da Física.

Veit e Araújo (2005) apresentaram um trabalho que discute o que é a modelagem e sua implementação através de recursos computacionais no ensino de Física. O Modellus é apresentado como um exemplo de recurso computacional para o ensino de Física nos níveis Médio e Superior. Em seu trabalho alertam sobre o risco de o computador substituir o mundo real na mente do aluno, criando uma realidade alternativa. Alertam que toda simulação de modelos físicos é também um modelo do real e que se os limites de validade dela não forem explicitados, o recurso computacional pode ser potencialmente danoso, uma vez que pode ser encarada como mero jogo ou uma tarefa a ser executada com base em tentativa e erro.

Santos, Alves e Moret (2006) descreveram um trabalho realizado no Colégio Militar de Salvador durante o segundo semestre do ano letivo de 2005. O trabalho foi conduzido ao longo de 28 horas-aula, com um grupo de 91 alunos da 1ª e 3ª série do ensino médio. Foram propostos 4 experimentos de modelagem envolvendo tópicos de mecânica, em que se fizeram análise de gráficos, relações entre grandezas, análise vetoriais e interpretações

matemáticas dos fenômenos. Ao final do trabalho concluíram que o uso do Modellus teve aceitação superior a 90% entre os alunos participantes da pesquisa.

Dorneles, Araújo e Veit, (2006 e 2008) investigaram as diferentes concepções e raciocínios de alunos quando da resolução de problemas envolvendo circuitos elétricos simples. Propuseram o uso do Modellus como auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. O artigo apresenta propostas de atividades envolvendo conceitos básicos de eletrodinâmica e estratégias de ensino a serem adotadas no desenvolvimento das atividades.

Mendes (2009) realizou um trabalho de pesquisa com quatro grupos de estudantes do ensino médio. Foram trabalhados com os estudantes do primeiro grupo tópicos de mecânica, em especial lançamentos de foguetes, com experimentos práticos, já o segundo grupo foi usado apenas simulações computacionais. Com o terceiro grupo foi trabalhado aulas de forma tradicional, sem experimento ou simulações, sendo por isso o grupo de controle. O quarto grupo combinou a experimentação com a modelagem computacional. Em seus resultados Mendes observou que a combinação de atividades experimentais e modelagem computacional promoveram melhorias no processo de aprendizagem, despertando nos alunos uma nova “disposição para aprender”, uma vez que o uso do computador, nas palavras destes alunos “facilitava o entendimento dos cálculos necessários no problema”. Mendes concluiu que esta combinação, experimentação e modelagem foi eficaz na promoção de uma aprendizagem significativa.

Machado e Costa (2009) conduziram um experimento com uma turma de 20 alunos do ensino médio, divididos em dois grupos de 10 estudantes, nos quais um foi voluntário a participar do experimento enquanto o outro não se interessou. Em ambos os grupos foi abordada a resolução de um exercício envolvendo os conceitos físicos e matemáticos presentes em uma situação de lançamento oblíquo. No grupo que não se interessou pelo experimento foi aplicada inicialmente a metodologia tradicional (quadro, livro texto e teorização), enquanto no outro grupo a mesma professora, utilizando a mesma carga horária fez uso imediato do software Modellus. Observaram que ao longo do experimento, metade do grupo que não havia se interessado pelo experimento aderiu espontaneamente ao outro grupo em que houve o uso imediato do software. Obtiveram por parte dos alunos expostos ao Modellus um expressivo índice de aprovação, onde 10% classificou a experiência como excelente, 40% como muito boa e 25% como boa. Apesar de também terem observado certa dificuldade inicial na manipulação do software por parte dos alunos, constataram que a

maioria dos alunos foi capaz de observar os conceitos matemáticos envolvidos, referentes a funções trigonométricas, necessários à determinação das coordenadas vetoriais da velocidade.

Novais e Simião (2011) fizeram uma revisão bibliográfica sobre as possibilidades e limitações da modelagem computacional no ensino de funções e gráficos em matemática, partindo da construção de um material didático desenvolvido apoiando-se no software Modellus. Notaram que é possível encontrar na Internet grande quantidade de simulações e animações interativas, porém poucos relatos de seu uso de forma contextualizada no ensino/aprendizagem em vários segmentos do ensino.

Mendes e Almeida (2012) desenvolveram um trabalho em uma turma de ingressantes ao ensino técnico no Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari. Os estudantes apresentavam dificuldades para entender conteúdos de cinemática e a formalização matemática. Primeiramente, propuseram resolução de um problema tradicional de cinemática utilizando a metodologia tradicional, em seguida os alunos foram conduzidos ao laboratório de informática, onde a situação problema foi construída no Modellus. Ao final da aula, os alunos obtiveram significativa melhora nos processos de aprendizagem, porque o software Modellus proporcionou mudanças atitudinais com relação aos problemas propostos. Ao final do trabalho foi apresentado aos alunos um questionário com quatro perguntas, onde a primeira delas era “Você consegue agora com o uso do software, visualizar o que está acontecendo no exercício proposto? ”, tendo essa questão obtido 100% de resposta positiva.

Barsotti (2013) em sua dissertação para a obtenção do título de mestre pela Universidade Federal de São Carlos apresentou um estudo de caso, com alunos do ensino médio em que introduziu a modelagem matemática na aprendizagem de conceitos de Física usando, dentre outros recursos de tecnologia de informação, o software Modellus em sua versão 4.01. O processo concentrou-se na modelagem de situações envolvendo conceitos do movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado e, ao final, foi solicitada, através de questionários, a avaliação dos participantes, alunos do ensino médio, onde se reforçou a capacidade motivadora do recurso. Apresentou ainda um breve tutorial em que explica os comandos do Modellus necessários às atividades.

Após essa revisão da literatura observa-se que desde a disponibilização do software Modellus se passaram praticamente 15 anos, entretanto o trabalho mais antigo data de apenas 9 anos, o que coincide também com a época em que a tecnologia de informação começou a se popularizar nas escolas, sugerindo que a produção relacionada ao Modellus, bem como seu uso, ainda tem muito a avançar e tendem a crescer. Levando-se em

consideração que as futuras gerações de estudantes do ensino médio, tendem a fazer com que a escola seja obrigada a se tornar um espaço que se adapte de forma cada vez mais rápida à evolução tecnológica. Tal necessidade cria um ciclo em que os professores sentirão a necessidade de dominar estas tecnologias. Por isso, urge a necessidade de produção de materiais instrucionais e desenvolvimento de abordagens metodologias relacionadas ao uso de recursos digitais.

Vale mencionar que além dos trabalhos de pesquisa citados, foram encontrados na pesquisa, vários minicursos e tutoriais relacionados ao uso do Modellus, porém tal material ora se apresentava com conteúdo muito limitado, ora baseado em versões muito antigas do Modellus.

Gomes e Gonçalves (2001) elaboraram um tutorial do Modellus apresentado no sitio do Laboratório de Pesquisa em Educação Matemática Mediada por computador, da Universidade de Campinas. Tal tutorial compreende comandos básicos do Modellus e é baseado na versão 1.1 do software.

Aguiar (2006) elaborou uma sequência de 9 aulas para a disciplina “Informática no ensino de Física” no curso à distância de licenciatura em Física da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Tal sequência apresentava-se rica em conteúdo, cobrindo desde os comandos básicos até a criação de modelos parametrizados e condicionais. Tal trabalho foi baseado na versão 2.5 do Modellus, sendo essa restrita ao sistema operacional Windows. Hoje tal sequência de aulas encontra-se bastante desatualizada em virtude das várias mudanças de versão do software, que atualmente roda em ambiente Java, não sendo mais restrito a um único sistema operacional, além de ter sofrido significativas mudanças em seus comandos. A sequência de aulas de Aguiar foi a base sobre a qual se elaborou o tutorial a ser apresentado neste trabalho.

Oliveira e Araújo (2010) apresentaram no XVI Encontro Regional de Estudantes de Matemática do Sul o minicurso “Modellus: Uma Ferramenta Computacional para Modelagem Matemática”, baseado na versão 4.0 do software. Após a apresentação de comandos básicos de animação, construção de tabelas e gráficos os autores propuseram a resolução de exercícios de cinemática.

5. A ABORDAGEM METODOLÓGICA: SALA DE AULA INVERTIDA

Como proposta metodológica para a utilização do tutorial do Modellus foi escolhida a abordagem Sala de Aula Invertida também conhecida como “*Flipped Classroom*”. A proposta da Sala de Aula Invertida teve origem nos Estados Unidos da América, em 1996 para resolver o problema relacionado a ausência prolongada de alunos que faziam parte de equipes esportivas das escolas, Bergmann e Sams (2012). Quando em viagem os alunos atletas perdiam grande conteúdo ministrado em suas turmas regulares, assim os professores passaram a gravar em vídeo suas aulas e postá-las na internet para que eles pudessem acompanhar suas respectivas turmas e, quando retornassem, trariam suas impressões e dúvidas para momentos de discussão e aplicação. Devido aos bons resultados dessa proposta. Posteriormente, o conceito foi estendido a todos os alunos, invertendo a ordem tradicional das aulas: o aluno seria autônomo para decidir o local e o horário onde realizariam seus estudos a partir das atividades definidas pelo professor, e o espaço formal da sala de aula assumiria o papel predominante de aplicação e discussão do conteúdo previamente explorado pelo aluno.

O conceito da Sala de Aula Invertida, conforme os autores, encontra apoio teórico na Taxonomia dos Objetos Educacionais de Bloom (1956) que, de forma resumida, dizia que se definirmos claramente os objetivos a serem desenvolvidos em nossos alunos, mais facilidade teremos na escolha das estratégias corretas de ensino-aprendizagem. Para Bloom os objetivos dividem-se em três campos: cognitivos, afetivos e psicomotores. Outra referência de Bloom, que embasa a ideia da Sala de Aula Invertida é que existem diversos estilos de aprendizagem e o respeito a essa diversidade pelas estratégias de ensino favoreceria o desenvolvimento ao estudante. Em nosso caso, interessa-nos o objetivo do campo cognitivo, que Bloom divide em 6 níveis hierárquicos, onde cada nível depende das habilidades adquiridas no nível anterior, sendo sequencialmente: recordar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar.

A Taxonomia de Bloom, e os sistemas que dela se originaram, buscava que o aluno saísse do processo ensino-aprendizagem diferente da forma que entrou, e isso seria alcançado através da busca pela eficiência e eficácia no ensino, que à época tinha como objetivo central a educação profissionalizante.

O que Bergmann e Sams (2012) fizeram foi alterar o sentido da aprendizagem. O aluno receberia a indicação do conteúdo a ser estudado, usando para isso Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), de acordo com suas características de aprendizagem e

dedicaria o tempo necessário à aquisição de conhecimento. Em um momento posterior o aluno seria estimulado a interagir com seus colegas em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA), compartilhando suas impressões e em seguida a culminância do processo se daria na sala de aula formal, em momento dedicado às habilidades de ordem superior, que seriam o foco da ação do professor.

De acordo com Moran (1999) os atos de ensinar e aprender atualmente exigem flexibilidade de espaço, tempo e pessoal, bem como menor rigidez de conteúdo e processos mais abertos de pesquisa e comunicação. O papel do professor na aquisição de conhecimento se aproximará mais ao ato de auxiliar o aluno na interpretação de dados e contextualização deles. Muitas formas de se ensinar não encontram mais sentido no mundo atual, uma vez que dão a clara sensação de que estão ultrapassadas. É possível avançar mais se soubermos adaptar os conteúdos programáticos aos anseios e necessidades do aluno e conectá-los com o cotidiano.

Para a elaboração do material para apresentação do Modellus foi escolhido, que segundo Moran (1995), é uma mídia capaz de gerar uma expectativa positiva que atrai o aluno aos assuntos do nosso planejamento pedagógico:

Vídeo significa também uma forma de contar multilinguística, de superposição de códigos e significações, predominantemente audiovisuais, mais próxima da sensibilidade e prática do homem urbano e ainda distante da linguagem educacional, mais apoiada no discurso verbal-escrito. (Moran, 1995, p.28)

Dividimos o conteúdo do material em cinco vídeos postados na plataforma *Youtube*.

6. METODOLOGIA

6.1. O ESPAÇO DA PESQUISA

O curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) foi criado pela resolução 24/94 do Conselho Universitário em 02 de dezembro de 1994, ofertando 25 vagas anuais, que eram preenchidas por concurso vestibular. O curso tem duração de 9 semestres, e carga horária de 2500 horas aula. O início de suas atividades se deu no primeiro semestre de 1995, sob a tutela do Departamento de Ciências Físicas, que até então se ocupava de ofertar disciplinas básicas de Física para os cursos de Engenharias, Matemática, Química, Agronomia, Biologia, Mestrados em Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. À época o departamento contava com 27 docentes, 15 dos quais eram da área da Física.

O reconhecimento do curso pelo Ministério da Educação se deu no dia 23 de fevereiro de 2000, mesmo ano em que o curso passou a ofertar 40 vagas anuais. Em 2005, assumiu atual nome, Instituto de Física, que hoje oferta, além da licenciatura em Física, bacharelados em Física de Materiais e Física Médica.

Atualmente o curso Física Licenciatura da UFU oferta 60 vagas anuais com entrada através do Sistema de Seleção Unificada do Ministério da Educação (SiSU). A grade curricular atual oferta 55 disciplinas, sendo 15 optativas, perfazendo carga horária total de 2985 horas aula. Dentre as disciplinas ofertadas, duas se dedicam ao trabalho com tecnologias de informação e comunicação, sendo elas:

-Projeto Integrado de Práticas Educativas 3 (PIPE3), ofertada no 3º período em caráter obrigatório com carga horária total 45 horas aula, sendo 15 teóricas e 30 práticas. O objetivo da disciplina consiste em apresentar metodologias embasadas nas novas tecnologias de informação e comunicação para viabilizar a aprendizagem cooperativa em Física. Além de desenvolver metodologias de ensino e materiais didáticos de Física utilizando os recursos das tecnologias da informação e comunicação, dirigidos ao ensino médio.

-Tecnologia da Informação e Comunicação em Física, ofertada em caráter optativo com carga horária total 60 horas aula, sendo 30 teóricas e 30 práticas. Seus objetivos são: iniciar o estudante ao uso das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física, objetivando estimular a produção de materiais instrucionais com o uso dessas ferramentas mediadoras do ensino.

6.2. OS SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa formavam um grupo de dez alunos, do curso de Física Licenciatura da UFU, divididos em duas turmas de 5 estudantes cada. O minicurso foi ofertado em dois horários de 19:00h às 20:30h e de 20:30h às 22:00h do dia 1 de julho de 2015, durante o período de aula das disciplinas Introdução ao Estágio Supervisionado e Metodologia de Ensino de Física 2. As atividades se deram em um laboratório de informática, destinado exclusivamente a cursos voltados para a formação inicial e continuada de professores. O laboratório possuía 10 computadores dispostos em forma de U, de modo que o orientador do trabalho podia observar as atividades de todos os alunos simultaneamente.

Foram enviados aos licenciandos, uma semana antes do minicurso, os cinco vídeos com o tutorial do Modellus (detalhados no item 6.4) pela professora das disciplinas e orientadora desse trabalho. Os vídeos serão discutidos detalhadamente posteriormente. Todos os alunos envolveram-se na proposta da Sala de Aula Invertida, pois afirmaram ter assistido aos vídeos disponibilizados.

6.3. COLETA DE DADOS

A metodologia de pesquisa utilizada nesse trabalho pode ser caracterizada como predominantemente qualitativa. As pesquisas qualitativas buscam por uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos a suas ações em uma realidade socialmente construída. Para tal, o pesquisador precisa estar imerso no contexto social em que o fenômeno se apresenta e observá-lo atentamente, recorrendo a tantos registros de dados quanto possíveis, para viabilizar uma interpretação de qualidade:

A pesquisa qualitativa é chamada também *naturalista* porque não envolve manipulação de variáveis, nem tratamento experimental (é o estudo do fenômeno em seu acontecer natural); *fenomenológica* porque enfatiza os aspectos subjetivos do comportamento humano, o mundo do sujeito, suas experiências cotidianas, suas interações sociais e os significados que dá a essas experiências e interações; *interacionista simbólica* porque toma como pressuposto que a experiência humana é mediada pela interpretação, a qual não se dá de forma autônoma, mas na medida em que o indivíduo interage com outro, é por meio de interações sociais como vão sendo construídas as *interpretações*, os significados, a visão de realidade do sujeito (André, 1998, apud MOREIRA, 2009).

As pesquisas interpretativas têm um caráter exploratório, construtivo e descritivo, nas quais o pesquisador desenvolve novas hipóteses e fundamenta a teoria a partir dos dados coletados. Estes são coletados em ambientes naturais, no contexto em que ocorrem os comportamentos a serem estudados, por meio de entrevistas, observações, notas de campo, questionários. Nesse ambiente, de pesquisa qualitativa aplicamos o método de casos que, conforme Serrano (1998, apud MOREIRA, 2009), consiste em uma estratégia didática, dentro de um estudo de casos, em que são apresentados os elementos principais do estudo, em nosso caso o conjunto de vídeos e o software Modellus, com o propósito de se estabelecer um marco de discussão e debate. Dessa forma, os elementos a serem apresentados não precisam fornecer uma visão completa do assunto, mas apenas uma referência que fomente o ambiente de discussão.

O instrumento de coleta de dados utilizado foi a aplicação de um questionário online, elaborado utilizando o Google Docs e a plataforma Google Forms³ para coletar a opinião dos alunos. Justificamos tal instrumento pela agilidade com que pode ser disponibilizado, recebido e ter seus dados analisados. O questionário é apresentado no Anexo 1.

Com poucas intervenções, todas as atividades foram cumpridas dentro do intervalo de tempo previsto para cada turma, sendo que a primeira turma respondeu ao questionário avaliativo imediatamente ao fim das atividades. A segunda turma, em virtude do horário enviou as respostas no dia seguinte.

6.4. DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DOS TUTORIAIS

O uso de vídeos curtos para a apresentação de tutoriais do Modellus foi considerada a maneira mais prática e amigável da aplicação da metodologia da Sala de Aula Invertida, pois julgamos que a receptividade seria maior do que a apresentação de um conjunto de textos e figuras. Tutoriais em vídeo sobre os mais diversos assuntos são bastante comuns na internet, inclusive é possível encontrar vários deles dedicados a assuntos específicos no Modellus. Destaca-se o blog português “Física na Lixa”⁴, que mantém um acervo de 25 vídeos curtos, em média 20 segundos, com exemplos de aplicação do Modellus. Os vídeos do blog citado poderiam servir de material instrucional para a aplicação da

³ Disponível no endereço:

https://docs.google.com/forms/d/1NIUdCOIOZyZLIAGPRg7reqdvr7xtq6J6yK5e_mGVI5Y/edit

⁴ Acessível em: <http://fisicanalixa.blogspot.pt/search/label/Modellus%20X%20-%20Tutorial>

pesquisa, porém por não apresentarem áudio optou-se pela gravação novos vídeos com narração e condensando o material em uma sequência favorável à aplicação da pesquisa.

Os vídeos foram gravados a partir de um notebook, usando um programa de captura da atividade do monitor do computador e de seu áudio, que permite também a edição do vídeo capturado e a criação de vinhetas de apresentação. A escolha pela gravação dos vídeos com o uso de recursos ao alcance da maioria dos professores foi feita com o intuito desmistificar a ideia de que vídeos obrigatoriamente devem contar com recursos profissionais, como estúdios de gravação por exemplo. Eram esperadas dificuldades, porém a única enfrentada foi em relação ao áudio, uma vez que o microfone interno do notebook captava todo o som ambiente, e não produzia uma qualidade satisfatória na narração do vídeo. A dificuldade foi solucionada escolhendo um horário de menor movimento em um recinto completamente fechado. Os temas dos vídeos foram escolhidos levando-se em consideração os comandos básicos que permitissem, além da realização das atividades propostas, a autonomia necessária para que tanto estudantes quanto professores apliquem o conhecimento adquirido na realização de outras atividades aplicando o Modellus. De forma a manter a atenção do espectador, a duração dos vídeos foi limitada a 10 minutos, o que levou à divisão do conteúdo em 5 vídeos.

Vídeo 1: Instalação do Modellus, ambientação e comandos básicos

Duração: 9 minutos e 10 segundos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=aV88Cd3wDwY>

Vídeo 2: Modelando um movimento uniforme

Duração: 7 minutos e 3 segundos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=H4nj8Be0NKs>

Vídeo 3: Modelando um movimento em duas dimensões

Duração: 7 minutos e 31 segundos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=Jg046kPufDs>

Vídeo 4: Usando condições

Duração: 6 minutos e 46 segundos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=wApRHGSfwho>

Vídeo 5: Usando derivadas.

Duração: 5 minutos e 15 segundos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=6Hh0eQRv9Q0>

7. APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS E RESULTADOS

Depois de solicitado aos alunos que dias antes assistissem os tutoriais instrucionais do Modellus postados na plataforma *Youtube*, ao chegarem na sala de informática, foi entregue aos licenciandos, quatro atividades sobre o tema cinemática para serem desenvolvidas no intervalo de 1:30h.

As atividades propostas aos licenciandos foram inspiradas em exercícios comumente encontrados em livros didáticos de Física do ensino médio e tiveram por objetivo a aplicação dos conceitos apresentados nos vídeos assistidos em data anterior. A seguir apresentamos as atividades propostas bem como a análise sobre sua aplicação dentro de uma metodologia investigativa.

Atividade 1:

Criar um modelo animado em que duas partículas se movem retilineamente, de acordo com as equações no SI: $x_A = 4,0 - 2,0 t$, $x_B = - 2,0 + 4,0 t$

a) Esboce os gráficos da posição em função do tempo para as partículas A e B, entre os instantes 0s e 20s.

b) Determinar, usando o gráfico, quando e onde as partículas A e B se encontram. Movimente o objeto de animação, usando a barra de controle, até que as partículas se encontrem. O resultado coincide com o obtido a partir do gráfico?

Apesar da atividade 1 ser a primeira dentre as quatro propostas, os licenciandos conseguiram cumpri-la sem a necessidade da minha intervenção. Esse fato provou que os licenciandos assistiram aos vídeos enviados anteriormente ao minicurso e que eles foram eficazes na transmissão dos conhecimentos necessários para a realização da atividade.

Atividade 2:

Criar um modelo animado em que uma partícula tenha posição inicial e percorra, durante 20s, uma trajetória retilínea horizontal em movimento variado. Admitindo que durante o percurso total ocorre inversão de sentido de movimento:

a) Crie uma representação estroboscópica do movimento da partícula.

b) Represente o gráfico da posição em função do tempo correspondente.

- c) *Indique o instante em que a partícula inverteu o sentido de movimento. Verifique se a posição e tempo da animação coincidem com os valores encontrados a partir do gráfico.*

Com relação à Atividade 2, na primeira turma os licenciandos a cumpriram integralmente. Já na segunda turma, dois alunos apresentaram dificuldades na definição da função horária de posição a ser utilizada para o modelo, especificamente na definição de valores de velocidade inicial e aceleração, não compreendendo que a atividade não definia um modelo específico.

Atividade 3:

Considere que, do alto de duas torres, uma na Terra e outra na Lua, deixaram-se cair duas pedras, com velocidade inicial nula. Considerando que cada uma das pedras leva 3,0s atingir o solo desprezando-se a resistência do ar, crie um modelo animado em que seja possível determinar:

- a) *A altura de cada uma das torres.*
 b) *A velocidade com que cada uma das pedras atinge o solo.*
 c) *O instante em que cada uma das pedras se encontra a igual distância do alto da torre e do solo.*

Considerar: Gravidade da Terra = $9,8 \text{ m/s}^2$ e Gravidade da Lua = $1,67 \text{ m/s}^2$

Na atividade 3 foram observadas, nas duas turmas, dificuldades em relação à criação do modelo matemático. Além disso, os licenciandos tiveram dificuldades na compreensão do enunciado da questão, sendo que para a resolução do item c, dois alunos da segunda turma entenderam que o instante a ser calculado seria comum às duas pedras. Sanada a dúvida de que os instantes a serem calculados eram independentes, a atividade foi concluída com êxito.

Atividade 4:

Criar um modelo animado de três lançamentos oblíquos, com objetos partindo do mesmo ponto, com velocidade de lançamento 100 m/s , inclinados de ângulos 30° , 45° e 60° com a direção horizontal. Considere $g=10\text{m/s}^2$. Observe a animação, e responda:

- a) *Qual deles atinge a maior altura?*
 b) *Qual deles possui maior alcance horizontal?*

Com relação à atividade 4, a única dificuldade apresentada foi quanto à manipulação das animações, no sentido de configurá-las para o lançamento de um mesmo ponto da área de trabalho do Modellus.

No contexto geral da aplicação dos tutoriais do Modellus, foi observado que as atividades, nas duas turmas, foram executadas com interesse e dedicação por parte dos estudantes. Não houve qualquer contratempo no tocante a questões disciplinares que normalmente seriam observadas em sala de aula, como conversas paralelas ou má vontade na execução das atividades propostas.

Ao final da execução das atividades foi solicitado aos estudantes que respondessem a um questionário sobre suas impressões quanto aos tutoriais sobre o Modellus e a metodologia aplicada. O questionário, apresentado no Anexo 1, foi disponibilizado na plataforma do *Google Forms*⁵. O objetivo do questionário foi traçar um panorama sobre a familiaridade deles em relação à atuação profissional, uso de tecnologias de informação e opinião sobre a metodologia da Sala de Aula Invertida.

Para que pudessemos identificar o perfil dos licenciandos, o questionamos sobre a sua atuação como professor de Física. 50 % dos alunos responderam que já atuaram como professor de física, e o tempo variou de 3 meses a 25 anos. 50 % disseram que nunca estiveram dentro de uma sala de aula como docente.

Apenas 30 % dos pesquisados conheciam o software Modellus e 70 % nunca ouviram falar sobre o Modellus. Dessa forma confirma-se a necessidade maior divulgação de material instrucional sobre o software.

As respostas ao questionário mostraram que 50% dos alunos já trabalharam com outros simuladores, tendo sido citados Geogebra, Matlab, Flash, PheT e Tracker. Consideramos elevado o número de alunos que, em um curso de licenciatura em Física, ainda não tiveram contato com nenhum software de modelagem, o que sugere a necessidade de ações, dentro do curso, voltadas à apresentação de tais recursos.

Após as questões destinadas à identificação do perfil dos licenciandos, o questionário foi direcionado à avaliação da metodologia empregada na pesquisa. 90% dos alunos assistiu a todos os vídeos instrucionais, enquanto 10% assistiu a apenas 1 vídeo. Consideramos que a apresentação do tutorial em forma de vídeo teve boa receptividade e despertou a curiosidade dos alunos quanto a seu conteúdo. Os mesmos 90% dos alunos

⁵ Questionário disponível online em:

https://docs.google.com/forms/d/1NIUdCOIOZyZLIAgPRg7reqdvr7xtq6J6yK5e_mGVI5Y/edit

considerou que os vídeos auxiliaram na realização das atividades propostas no laboratório. Este resultado foi condizente com o que pretendíamos ter alcançado durante a elaboração dos vídeos. A resposta negativa foi do mesmo aluno que informou não ter assistido a todos os vídeos. As avaliações foram 100% positivas e em duas, críticas construtivas apontaram pontos em que é possível uma melhora do material audiovisual produzido, no tocante à um maior detalhamento de comandos e atalhos.

100% dos alunos consideraram o Modellus um recurso capaz de colaborar com o processo ensino-aprendizagem e 70% deles apontaram como razão principal sua capacidade de associar animações aos modelos trabalhados. Questionados se adotariam o Modellus em suas aulas, 100% dos alunos disseram que sim e 90% o faria usando a abordagem da Sala de Aula Invertida. A única negativa quanto ao emprego da Sala de Aula Invertida não foi justificada.

A análise das respostas recebidas permite entender que o Modellus teve ótima aceitação no grupo e foi reconhecido como uma ferramenta capaz de facilitar a assimilação dos conteúdos propostos. A abordagem metodológica da Sala de Aula Invertida mostrou-se eficiente também com grande aceitação entre o grupo. O número de alunos que ainda não tiveram nenhum contato com softwares de modelagem computacional, em especial o Modellus, pode ser considerado elevado se levarmos em consideração a maciça presença de recursos de informática em nosso cotidiano.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia está constantemente se desenvolvendo, seja através de novos modelos de dispositivos ou de novas versões dos mais diversos softwares e aplicativos. Isso se dá de forma cada vez mais rápida e menos sensível, incluindo-se naturalmente em nosso cotidiano. Esse avanço também surge em recursos para auxiliar o professor e o estudante no árduo processo de ensino-aprendizagem.

A grande motivação para a realização desse trabalho foi a sensação de, muitas vezes, ter “em mãos” ferramentas, ou ser apresentado a métodos, com capacidades tão poderosas e não as dominarmos a ponto saber emprega-las. Por isso, surgiu a ideia de desenvolver esse trabalho que, quando disponibilizado a outros professores, além de colaborar com a popularização do Modellus, demonstrasse a eficácia da metodologia da Sala de Aula Invertida. O presente texto nunca teve a intenção de apresentar uma solução ou se posicionar como um ponto de partida, mas como um exemplo de experimento bem sucedido que pode servir de inspiração não só a outros professores, mas principalmente aos licenciandos em Física. Como produto, apresentam-se 5 vídeos e um texto com tutoriais instrucionais da versão 0.4.05, que se cobrem os conceitos básicos de cinemática do primeiro ano do ensino médio.

A aplicação deste trabalho com os licenciandos do curso Física Licenciatura da UFU nos permitiu concluir que o tutorial instrucional sobre Modellus foi bem aceito, tanto pela minoria que já conhecia a ferramenta como pelos alunos que não conheciam. Pode-se argumentar que essa seria uma característica específica do grupo participante do trabalho, mas a experiência profissional deste autor, atualmente 22 anos de magistério no estado de Minas Gerais em escolas da rede pública e particular, permite estender tal impressão a um universo maior, uma vez que ele mesmo só teve contato com o software durante a participação como aluno do PPGECE da UFSCar.

Na seção onde apresentam-se os resultados da pesquisa causa estranheza o número de licenciandos, jovens, que nunca tiveram contato com qualquer ferramenta tecnológica de ensino, isso em uma época em que existe uma grande disponibilidade de softwares e aplicativos com os mais diversos fins.

A abordagem da Sala de Aula Invertida mostrou-se eficiente, uma vez que todos os alunos participantes da aplicação deste trabalho foram capazes de realizar todas as atividades propostas, com intervenção mínima deste autor no papel de orientador das atividades. Tal observação sugere que novas metodologias aliadas a recursos modernos são capazes de produzir aprendizado de forma significativa e eficiente.

Programas de pós-graduação como o PPGECE, e recentemente o Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física, contribuem de forma significativa na modernização do ensino de Física, com consequente melhoria da prática profissional dos que deles participam. Se tais ações de modernização, metodológica e de materiais didáticos, fossem implementadas de forma maciça nos cursos de licenciatura, tanto na rede pública quanto privada, acreditamos que haveria considerável melhoria no ensino de Física brasileiro de forma geral.

O tutorial apresentado, bem como os vídeos desenvolvidos para a aplicação desse trabalho, forma uma parte bem pequena do que ainda há por se fazer e acredita-se que a popularização do Modellus, principalmente no ambiente da graduação, pode dar origem a um sem número de trabalhos acadêmicos que contribuirão significativamente para o ensino de Física no Brasil.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Carlos. **Notas de aula da disciplina Informática para o Ensino de Física**, do curso de licenciatura em Física da UERJ/CEDERJ. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/notasdeaula/roteiros/>>. Acesso em: fevereiro de 2015.

ARAÚJO, Ives Solano. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática**. 2002. 111 f. Dissertação (mestrado em Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2251>>. Acesso em; fevereiro de 2015

BARSOTTI, Daniela Cristina. **Uso de ferramentas tecnológicas no ensino de física para o ensino médio: modelagem matemática a partir do software Modellus**. 2013. 90 f. Dissertação (mestrado em ensino de Física). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=8221>. Acesso em: agosto de 2015

BASTOS, Ricardo; PAIXÃO, Marília. Ensinando conceitos físicos com atividades no software Modellus, 2005. In ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: UNESP, 2005. p. 1-9. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p624.pdf>>. Acesso em abril de 2015

BERGMANN, J. & SAMS, A. **Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day**, 2012. Washington, DC: International Society for Technology in Education. 100 p.

BORGES, Otto. Formação inicial de professores de Física: Formar mais, formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.8, n. 2, p. 135-142, 2006.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Ângela. A modelagem de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na Escola**, São Paulo, v.9, n.1, p.10-14, São Paulo, 2008.

CAMILETTI, Giuseppi; FERRACIOLI, Laércio. A utilização da modelagem computacional quantitativa no aprendizado exploratório de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 2: p. 214-228, agosto 2001.

DELORS, Jacques. **Educação, um tesouro a descobrir**. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. São Paulo: Cortez; Brasília: Unesco; MEC, 2000.

DORNELES, Pedro F. T.; ARAÚJO, Ives S. VEIT, Eliane 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**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

DORNELES, Pedro F. T.; ARAÚJO, Ives S. VEIT, Eliane A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte II – circuitos RLC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 3308-1 – 3308-16, São Paulo, 2008.

GOBARA, Shirley T.; GARCIA, João R.B. As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.4, p. 519-525, 2007, São Paulo.

GOMES, Jean P.; GONÇALVES, Kléber. **Tutorial Modellus**. Disponível em:<http://www.cempem.fe.unicamp.br/lapemmec/coordenacao/tut_modellus.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2015

MACHADO, Alan Freitas; COSTA, Leonardo de Moura. A utilização do software Modellus no ensino de Física. **Interagir: pensando a extensão**. Rio de Janeiro, n. 14, p. 45-50, Rio de Janeiro, 2009.

MENDES, Elis da Silva; ALMEIDA, Willians Lopes. Uso do software Modellus como ferramenta de apoio ao ensino de cinemática: Um estudo de caso no IFAP. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: IFTO, 2012. Disponível em <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/1439/1083>>. Acesso em: julho de 2015.

MENDES, Janduí Farias. **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica sob a perspectiva da aprendizagem significativa**. 2009. 185 f. Dissertação (mestrado em ensino de ciências), Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4313/1/2009_JanduiFariasMendes.pdf>. Acesso em: novembro de 2014

MENDES, Janduí Farias; COSTA, Ivan F.; SOUSA, Célia M.S.G. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.34, n.1: p.2402-1 – 2402-9, São Paulo, 2012.

MESQUITA, Nyauara A. S., SOARES, Marlon H.F.B. Apectos históricos dos cursos de licenciatura em química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980. **Química Nova**, v.34, n.1, n. 165-174, São Paulo, 2011.

MORAN, J.M. O vídeo na sala de aula. Comunicação & Educação. **Revista do Departamento de Comunicação e Artes da ECA/USP**, v.1, n.2, p. 27-35, São Paulo, 1995. Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131>>. Acesso em 02 de junho de 2015.

MORAN, J.M. **O Uso das Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação na EAD - uma leitura crítica dos meios**, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/T6%20TextoMoran.pdf>>. Acesso em 01 de junho de 2015.

MOREIRA, M.A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.22, n.1, pp 94-99, São Paulo, 2000.

MORTIMER, E.F.; Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigação para o ensino de ciências**. v.1, p. 20-39, Porto Alegre, 1996.

Nardi, R. Gatti, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. V.6, n.2, p.145-174, Belo Horizonte, 2004.

NOVAIS, Pedro A. F.; SIMIÃO, Lucélio Ferreira. Aplicações da modelagem computacional no ensino de funções utilizando o software de simulações Modellus. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2010, Dourados. **Anais...** Dourados: UEMS, 2011. Disponível em <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic/article/view/1176/231>>. Acesso em: novembro de 2014

OLIVEIRA, Bruno K.; ARAÚJO, Ednei L. Modellus: Uma ferramenta computacional para modelagem matemática. In: ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDANTES DE MATEMÁTICA DO SUL, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC-RS, 2010. P. 540-551. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/minicursos/modellusumaferramenta.pdf>>. Acesso em: novembro de 2014

PELIZZARI, Adriana; et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC**, Curitiba, v.2, n.1, p.39-42, jul. 2001-jul. 2002. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>> Acesso em: junho de 2015.

PERKINS, K. K.; ADAMS, W.; DUBSON, M.; FINKELSTEIN, N. D.; REID, S.; WIEMAN, C. E.; LeMASTER, R. PhET: **Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics**. *The Physics Teacher*, 44, 18-23, 2006

SANTOS, Gustavo H.; ALVES, Lynn; MORET, Marcelo A. Modellus: Animações Interativas Mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. **Sitientibus, Série Ciências Físicas**, Feira de Santana, v.2: p. 56-67, Dezembro, 2006.

SANTOS, W.L.P; MORTIMER, E. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2. Nº2. 2002, Disponível em: <<http://150.164.116.248/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/21/52>>

SCHNEIDER et al. Sala de Aula Invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning. **Revista Intersaberes**, v.8, n.16, p. 68-81, Curitiba, 2013.

Disponível em <<http://grupouninter.com.br/intersaberes/index.php/revista/article/view/499>>
Acesso em 01 de junho de 2015.

SCHNETZLER, Roseli P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v.25, supl.1, p. 14-24, São Paulo, 2002.

SOARES, I. O. Gestión de la Comunicación en el Espacio educativo. In: Martín Afonso Gutierrez. (Org.). **Formación del Profesorado en la Sociedad de la Información. Valladolid**: Universidad de Valladolid, 1998, v. 01, p. 33-46.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Um breve histórico do Instituto de Física, disponível em <<http://www.infis.ufu.br/institucional/apresentacao>>. Acesso em agosto de 2015.

VASCONCELOS, Francisco H. L. et al. A utilização de software educativo aplicado ao ensino de Física com o uso da modelagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0164-2.pdf>>. Acesso em: novembro de 2014.

VEIT, Eliane Ângela; ARAÚJO, Ives Solano. Modelagem Computacional no Ensino de Física. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE NORDESTE, 23., 2005, Maceió. **Resumo...** Maceió: UFAL, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/efnne/xxiii/resumos.pdf>>. Acesso em: outubro de 2014.

VEIT, Eliane Ângela; TEODORO, Vitor Duarte. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2: p. 87-96, Junho, 2002.

WIEMAN, Carl. **Website of the Council for Advancement and Support of education**, Disponível em <<http://www.case.org/Content/POY/Display.cfm?ContentItemID= 4713>>. Acesso em julho de 2015.

WIEMAN, C. E.; PERKINS, K. K. A powerful tool for teaching science. **Nature Physics**, 2, 290-292, 2006

WIEMAN, C. E.; ADAMS, W.; LOEBLEIN, P.; PERKINS, K. K. Teaching Physics Using PHeT Simulations. **The Physics Teacher**, 48, 225-227, 2010.

WINNER, L. **Technological Frontiers and Human Integrity**. In: GOLDMAN, S.L. (Ed) Research in Technology Studies. Bethlehem: Lehigh University Press, 1989.

ZOMPERO, A. F.; LABURU. C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. V.13, n.3, p.67-80, 2011. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/309/715>>

ANEXO I

Questionário disponibilizado online via aplicativo *Google Forms*:

Avaliação do mini-curso

Questionário relacionado às atividades desenvolvidas com o software Modellus

***Obrigatório**

Você atua, ou já atuou, como professor de Física ou Ciências? *

Sim

Não

Se sua resposta à questão anterior tenha sido "SIM", há quanto tempo você atua, ou atuou como professor ?

Você conhecia o software Modellus? *

Sim

Não

Você já trabalhou com outro software de modelagem ? *

Sim

Não

Caso sua resposta à questão anterior tenha sido "SIM", qual o software ?

Você assistiu todos os vídeos sobre o tutorial do software Modellus antes da aula? *

Sim

Não

Caso sua resposta à questão anterior tenha sido "NÃO", quantos vídeos você assistiu ?

Os vídeos ajudaram na realização das atividades ? *

- Sim
 Não

Dê sua opinião sobre os vídeos quanto ao tempo de duração e conteúdo. *

Após a realização das atividades propostas, você considera o software Modellus capaz de colaborar com o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de cinemática no ensino médio ? *

- Sim
 Não

Justifique sua resposta à questão anterior. *

Pressupondo que sua escola tenha laboratório de informática, você usaria esse software em suas aulas ? *

- Sim
 Não

Caso sua resposta à questão tenha sido "SIM", você usaria essa abordagem da sala de aula invertida? *

- Sim
 Não

Enviar

Nunca envie senhas em Formulários Google.

100% concluído.

ANEXO II

TUTORIAL DO SOFTWARE MODELLUS

Acreditamos que uma das formas de motivar o professor, quando apresentamos um recurso que o auxilie em suas aulas, é a disponibilização de material que permita um maior conhecimento deste recurso e de suas características. Na intenção de familiarizar o professor com o software Modellus, na versão 0.4.05, em um nível de profundidade maior do que o tratado nos tutoriais em vídeo, sentimos a necessidade criar um material de apoio aos mesmos, também com possibilidade de uso através da metodologia da Sala de Aula Invertida. Neste sentido foi elaborado texto, com a transcrição de todo o conteúdo apresentado no conjunto de vídeos, em que há um maior detalhamento quanto às capacidades do software, aos comandos e procedimentos para modelagem de problemas. Como o tutorial pretende ser útil também a estudantes do 1º ano Ensino Médio, e também por questões de tempo, optou-se, a limitá-lo à cinemática de movimentos retilíneos, uma vez que a modelagem de movimentos circulares exigiria o uso de equações do Movimento Harmônico Simples, assunto que não é comumente trabalhado nesta série.

1. APRESENTAÇÃO

O Modellus é um software livre de modelagem matemática computacional que se constitui em uma poderosa ferramenta de apoio ao ensino de Física, uma vez que atua de forma a aumentar a percepção do aluno através das linguagens escrita e visual, incrementando o processo ensino-aprendizagem ao permitir que ele não só ouça e não só veja, mas ouça, veja e às vezes manipule a situação apresentada.

Sendo a Física uma ciência em grande parte experimental, é natural que a compreensão de seus fenômenos requeira uma carga de atividades experimentais. Sabemos que a realização de experimentos no ensino de Física encontra variadas dificuldades, como a completa ausência de materiais de laboratório, número inadequado de alunos por turma e, em alguns casos, até mesmo desinteresse por parte dos alunos em somente observar experimentos sem interagir com eles. É sabido também que a explicação da maioria dos fenômenos físicos não se dá de forma satisfatória apenas com o emprego de recursos como o quadro e giz.

O Modellus atua de forma a minimizar tais dificuldades, pois converte-se em um laboratório virtual, portátil e disponível a qualquer instante. Possui uma interface

amigável e intuitiva e com conhecimentos básicos de álgebra permite a análise de problemas usando de múltiplas representações, gráficos, tabelas, funções e animação.

Engana-se quem pensa que o Modellus, por sua facilidade de usar, limita-se à animação de figurinhas usando problemas simples do ensino médio. O Modellus possui capacidade de operar com todas as funções trigonométricas, permite a análise de problemas usando equações diferenciais e efetuar medidas de ângulos e distâncias sobre imagens inseridas em sua área de trabalho.

O Modellus é um gratuito que foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, sob liderança do Professor Vitor Duarte Teodoro. Atualmente seu desenvolvimento está a cargo de bolsistas de licenciatura em Física, da mesma universidade, como parte do projeto “*Educação Mediada por Computador: Cursos de Física*”, acessível em <http://modellus.fct.unl.pt/>, que envolve a criação de cursos de física em nível médio e universitário, tendo o Modellus como uma de suas ferramentas principais.

2. INSTALAÇÃO E COMANDOS BÁSICOS

Antes de instalarmos o Modellus devemos nos certificar de que o computador onde o software vai rodar possui a plataforma Java. Caso não possua, o download pode ser feito gratuitamente em www.java.com. Iniciamos fazendo o download do arquivo de instalação do Modellus. Quando este texto foi elaborado, a versão estável mais recente era a X.0.4.05, disponível para os sistemas Windows, em 32 e 64 bits, Linux e Mac OS Lion. Neste tutorial teremos como referência a versão para o sistema Windows, em virtude de sua maior popularidade. O download deve ser feito, de acordo com a versão escolhida, na página do link <http://modellus.co/index.php/pt/baixar>. Terminado o download obtemos o arquivo executável de instalação *ModellusX_windows_0_4_05.exe*. Ao darmos duplo clique no arquivo é feita a instalação. Em alguns casos, por causa desconhecida, pode não ser criado o ícone de atalho na área de trabalho, então procuraremos o arquivo que inicia o programa em *C:\Program Files\ModellusX*. O arquivo de início também se chama *ModellusX* e possui extensão *exe*.

Ao iniciar o Modellus, esta é a primeira tela exibida:

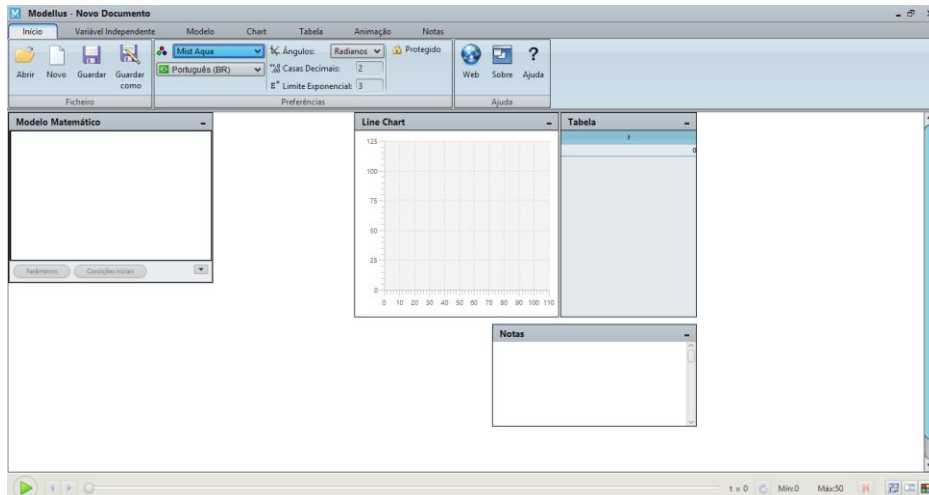


Figura 1: Tela inicial do Modellus 0.4.05

A tela inicial divide-se em três regiões principais:

- 1) Barra de menus, onde localizam-se menus, comandos e configurações de parâmetros;
- 2) Área de trabalho, onde estão as janelas “Modelo Matemático”, onde se escrevem as funções que regem o modelo, “Line Chart”, onde se constroem e analisam gráficos relacionados ao modelo, “Tabela”, como o nome diz, constroem-se e analisam-se valores relacionados ao modelo e “Notas”, para anotações diversas, pertinentes ao modelo ou não;
- 3) Barra de controle, permite controlar o comportamento das animações, como adiantar, retroceder, pausar e reiniciar. No final desta barra encontram-se também botões que permitem, respectivamente, minimizar todas as janelas da área de trabalho, ocultar a barra de menus e ver/esconder casos, quando trabalhamos com mais de um caso para o mesmo modelo.

Iniciando-se pela barra de menus, temos sete abas:

Na aba “Início” encontram-se comandos relacionados a arquivos, chamados ficheiros, como abrir, novo, guardar e guardar como. Na mesma aba encontra-se a área de preferências, onde pode-se configurar a aparência do programa, mudando seu esquema de

cores, o idioma, unidades de medida de ângulos, casas decimais, limite exponencial e senha para proteção de arquivos. A última área da aba início é a de ajuda, com link para conteúdo online, informações sobre o programa e conteúdo off-line.

A segunda aba se chama “Variável Independente”. Por padrão a variável independente do Modellus é t , mas essa configuração pode ser modificada. Para a variável independente podem ser configurados os valores máximo e mínimo, bem como o incremento, chamado passo. Ainda nesta aba existe a função “Auto-Play”, habilitada por padrão, que permite o incremento automático dos valores da variável independente.

A terceira aba, denominada “Modelo”, possui o botão “Interpretar” que permite conferir a sintaxe do modelo em sua janela. O campo elementos possui atalhos para a escrita de operadores matemáticos que não existem no teclado do computador bem como a criação de funções condicionais. O campo valores possui as constantes “ π ” e “número de Euler”, e “NaN” que permite a inserção de entradas não numéricas. A aba termina com o campo “Clipboard”, que permite a cópia de imagens.

A próxima aba é a de configuração de gráficos, denominada “Chart”. Nesta aba temos a definição das variáveis dos eixos (axis) horizontal e vertical para até 10 casos, identificados por cores diferentes. No campo View podemos ocultar as escalas numéricas dos eixos, inserir legendas e usar linhas de projeção. O campo Auto-Scale permite definir se a escala dos eixos ajusta-se automaticamente ao tamanho do gráfico e ainda se os eixos manterão escalas iguais. O campo Navigation possui ferramentas para movimentação através do gráfico e o campo Mode possui ferramenta de zoom, segurar e mover e seleção.

A aba “Tabela” possui três campos, sendo o primeiro destinado à configuração de incrementos (passos), escala e exibição de barras na tabela. O segundo campo também se chama tabela, e permite a definição de variáveis e identificadores para cada coluna da tabela estudada. O último campo destina-se a permitir a cópia da tabela para a área de transferência do computador.

A aba chamada “Animação” talvez seja o motivo do Modellus existir, pois nela encontramos as ferramentas para trabalhar sua característica mais importante, o comportamento de objetos animados associados ao modelo estudado. No primeiro campo temos um menu de objetos animados, partículas, relógios, vetores dentre outros. No segundo campo temos ferramentas para medição de coordenadas e distâncias. No quarto campo temos a ferramenta que nos possibilita mudar o plano de fundo da área de trabalho do Modellus possibilitando, inclusive, trabalhar usando imagens de situações reais. O último campo

habilita ou desabilita uma malha quadriculada, de dimensão configurável no campo espaço, que é muito útil no posicionamento de objetos ou desenho de linhas.

A última aba, “Notas” possui apenas ferramentas de formatação de fonte utilizada na janela de Notas, já apresentada na área de trabalho.

3. PRIMEIROS PASSOS

Como exemplo vamos criar o modelo de um objeto em movimento retilíneo uniforme. Iniciamos digitando a função horária do movimento, modelo, na janela “Modelo Matemático”. Uma das características que tornam o Modellus um software fácil de usar é a digitação do modelo ser feita da mesma forma que representamos a função horária do movimento. Existem poucas diferenças apenas quanto a sinais de operadores, a multiplicação é representada por * e a divisão por /.

Consideremos a função $S = 5 + \frac{1}{2}t$.

A digitação na janela “Modelo Matemático” será $s=5+1/2*t$ e terá o aspecto apresentado na figura abaixo:

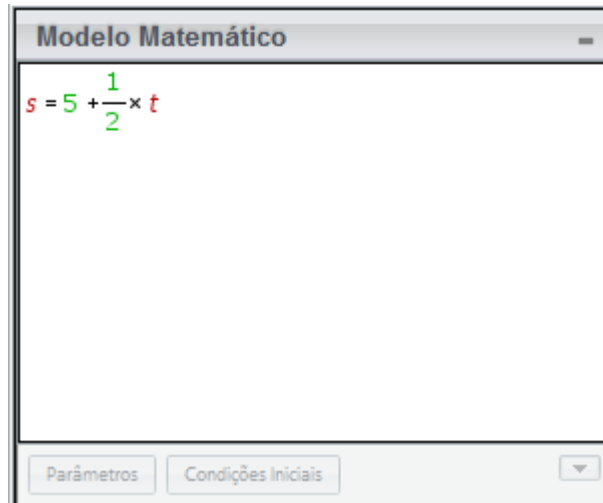


Figura 2: Janela de Modelo Matemático

Se o modelo não contiver erros em sua digitação, ao clicarmos no botão “Interpretar”, na aba “Modelo”, receberemos a mensagem “Modelo OK”. É possível inserir comentários acima, abaixo ou entre as linhas de digitação do modelo representado pela equação, para isto usamos o sinal ; (ponto e vírgula) que indica ao Modellus que esta linha não será interpretada. Há também um conjunto de funções pré-definidas, listadas na tabela abaixo:

Tabela 2: Lista de funções pré-definidas no Modellus

Função	Digitação	Função	Digitação
Raiz quadrada	sqrt(x)	Logaritmo decimal	log(x)
Seno	sin(x)	Seno hiperbólico	sinh(x)
Cosseno	cos(x)	Cosseno hiperbólico	cosh(x)
Tangente	tan(x)	Tangente hiperbólica	tanh(x)
Secante	sec(x)	Número aleatório	rnd(x) gera um número aleatório entre 0 e x
Co-secante	cosec(x)	Número aleatório inteiro	inrnd(x) gera um número inteiro aleatório entre 1 e x
Co-tangente	cotan(x)	Valor absoluto	abs(x)
Arco seno	arcsin(x)	Menor inteiro	int(x)
Arco cosseno	arccos(x)	Arredondamento	round(x)
Arco tangente	arctan(x)	Fatorial	fact(x)
Logaritmo natural	ln(x)	Sinal	sign(x)

Podemos agora explorar nosso modelo.



Ao clicarmos no botão (play), na extremidade esquerda da barra de controle do modelo, teremos apenas uma tabela preenchida com os valores de s para valores de t de 0 a 50. Vamos criar um gráfico que represente esse modelo. Clicamos na aba “Chart” e no primeiro campo, “Horizontal Axis” escolhemos a variável t , no segundo campo, “Vertical Axis”, escolhemos a variável s , nesse mesmo campo, clicamos em “Add”. No campo “View” selecionamos “Axis Values”, para mostrar as coordenadas dos eixos e se selecionarmos “Legend” será mostrada qual a variável dependente. No campo “Auto Scale” deixamos essa opção selecionada, assim o gráfico se ajustará automaticamente à janela “Line Chart”.



Reiniciamos o modelo clicando em (reiniciar) e depois em “play”, obteremos um gráfico com o seguinte aspecto:

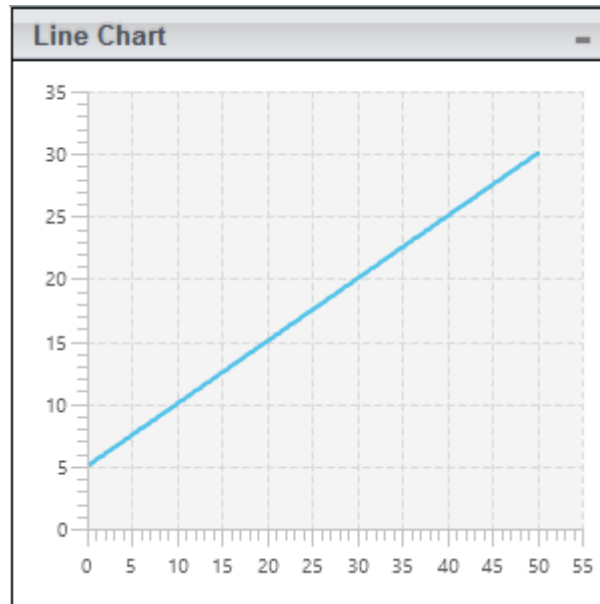


Figura 3: Janela de Gráficos

Podemos agora criar uma animação do nosso modelo. Vamos à aba “Animação” e selecionamos “Partícula”, feito isso levamos o cursor do mouse à área de trabalho do Modellus e clicamos em qualquer lugar. Será adicionado um objeto e o botão “Partícula” permitirá a seleção de vários desenhos representativos dele. Em nosso exemplo escolhemos um cão. No campo “Coordenadas” selecionamos as coordenadas S para x e 0 para y, pois nosso movimento se dá ao longo de um eixo apenas, repetimos o procedimento no campo ao lado, para a escala. Reiniciamos o modelo e clicamos em “Play”, o cão começará a se mover. Ao final da animação teremos o seguinte aspecto na área de trabalho do Modellus:

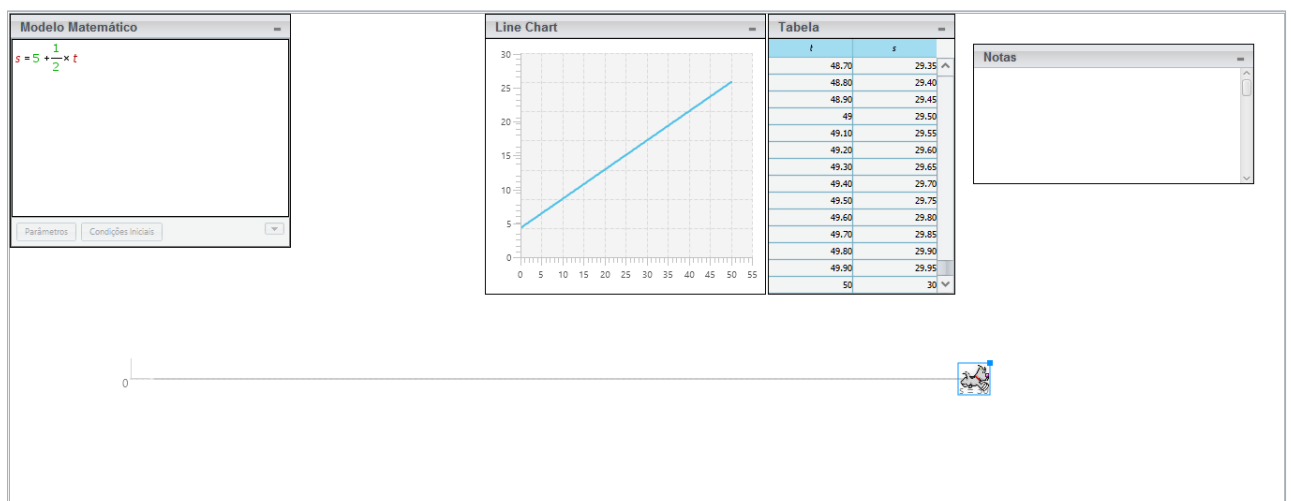


Figura 4: Área de trabalho do Modellus

Concluimos então a inserção de um modelo simples com sua representação algébrica, gráfica, em forma de tabela e em forma de animação.

4. MODELANDO UM MOVIMENTO EM DUAS DIMENSÕES

Para analisar um movimento em duas dimensões usaremos o caso de um lançamento oblíquo qualquer. Para isso inserimos as funções do movimento horizontal e do movimento vertical na janela “Modelo Matemático”. Como exemplo, digitaremos para o movimento horizontal:

$s=80*t$, movimento horizontal com posição inicial 0 e velocidade 80 m/s;

$h=60*t+5*t^2$, movimento vertical com altura inicial 0, velocidade inicial 60 m/s e gravidade considerada 10 m/s².

Teremos a seguinte janela “Modelo Matemático”:

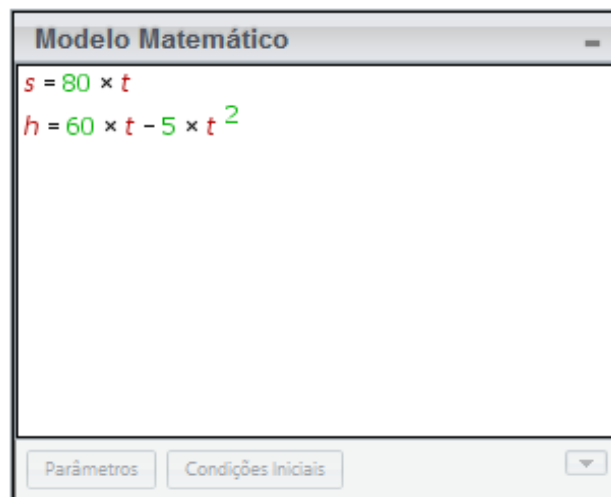


Figura 5: Janela de Modelo Matemático com as equações do modelo

Lembramos sempre de verificar a consistência do modelo clicando no botão “Interpretar” na aba “Modelo”.

Adicionaremos uma coluna à tabela indo à aba “Tabela” e no campo de mesmo nome, selecionamos a variável h para a terceira coluna. Para obtermos o gráfico, seguimos o mesmo procedimento do exemplo anterior, mas agora selecionaremos a variável h para o eixo vertical e obteremos o seguinte gráfico:

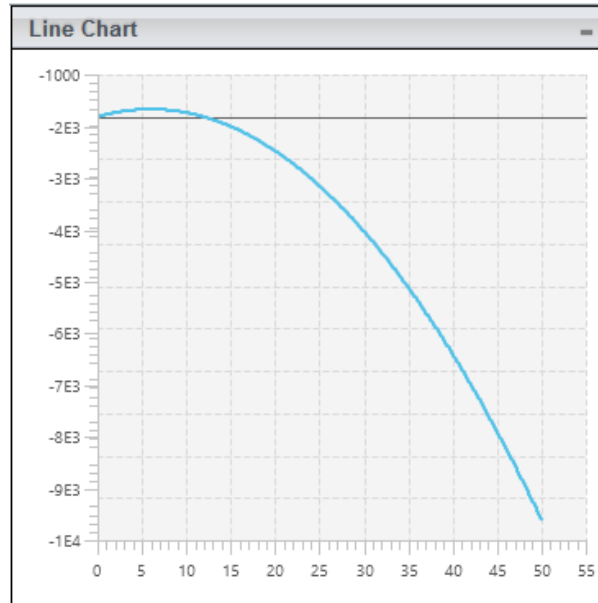


Figura 6: Gráfico hxt do modelo

Em nosso caso nos interessa apenas os valores positivos de h , uma vez que estamos modelando um lançamento oblíquo, então vamos limitar o valor máximo de t ao instante em que o móvel retorna à altura de lançamento. Usando a tabela gerada pelo modelo, descobrimos que isso se dá a 12 segundos do lançamento. Vamos então à aba “Variável Independente” e mudamos o valor “Máx” para 12. Reiniciamos o modelo e obtemos agora o gráfico a seguir:

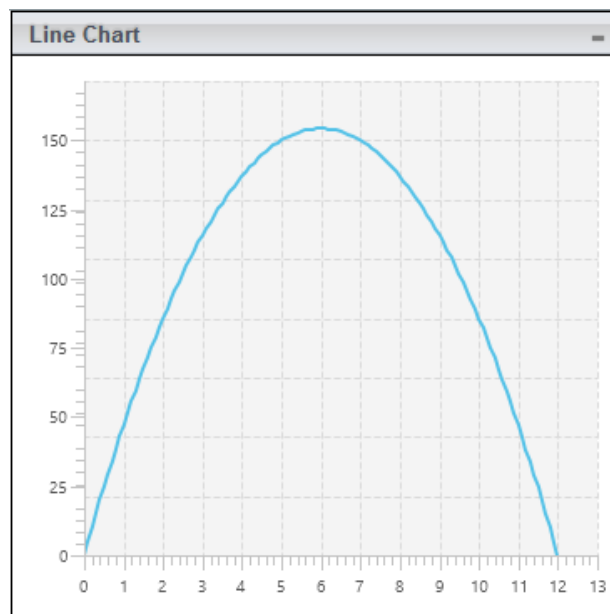


Figura 7: Gráfico hxt do modelo, redimensionado e limitado a valores positivos

Bem mais fácil de ser analisado.

Partimos agora para a animação. Selecionamos uma partícula na aba “Animação”, como no exemplo anterior, porém nosso objeto vai se mover em duas dimensões, neste caso selecionaremos para a coordenada x a variável s e para a coordenada y a variável h. Neste caso a escolha da escala deve ser de acordo com o tamanho do monitor em que se roda o programa, um valor que se adequa a maioria é 1 tanto para x, quanto para y. Ao rodarmos o modelo obteremos o seguinte aspecto na área de trabalho:

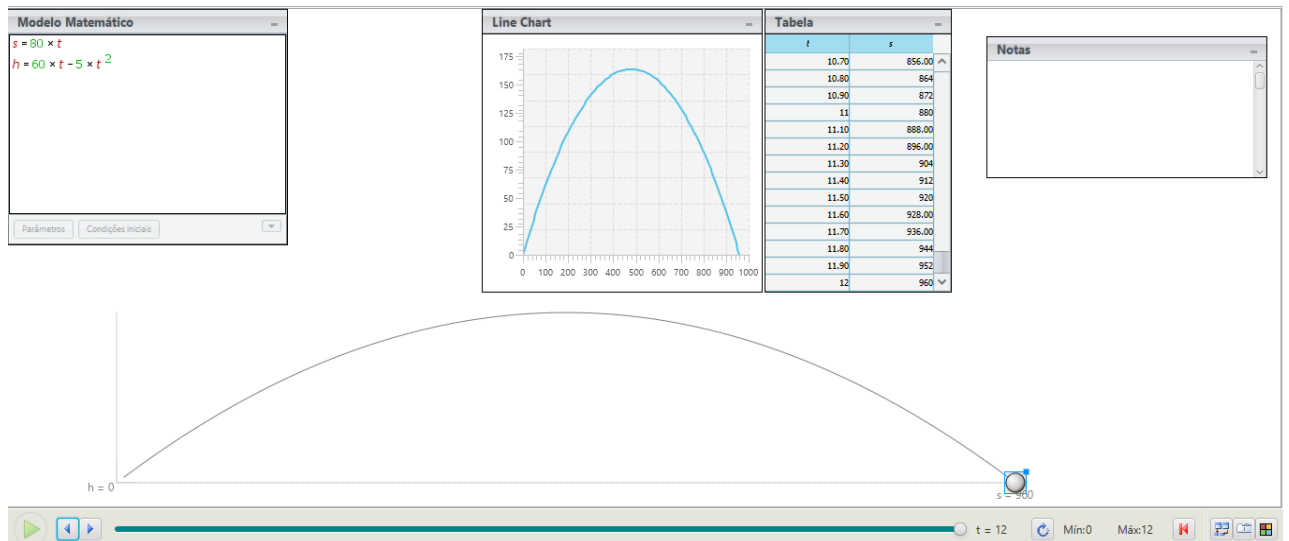


Figura 8: Área de trabalho do Modellus com as quatro representações do modelo

Esses são os passos para se modelar o movimento em duas dimensões, podendo facilmente ser adaptado para o caso de lançamento horizontal, modificando apenas a função da variável h.

O movimento circular será abordado em tópico próprio, uma vez que sua modelagem possui certas particularidades.

6. REPRESENTANDO VETORES

No modelo utilizado anteriormente temos um exemplo de movimento composto em que a velocidade total do objeto é frequentemente estudada através do comportamento de suas componentes horizontal e vertical, comumente denominadas v_x e v_y . A análise do comportamento dessas grandezas em tempo real facilita ao aluno a compreensão do movimento em questão, e isto pode ser conseguido através da ferramenta “Vetor” na aba “Animação” do Modellus. Essa ferramenta permite associar ao objeto animado o desenho de um vetor representativo de qualquer uma das grandezas vetoriais presentes no modelo.

O primeiro passo para tal é, na janela “Modelo Matemático”, escrevermos a expressão que representa cada um dos vetores desejados. Em nosso exemplo, o lançamento oblíquo, desejamos os vetores velocidade vertical, chamado v_y e velocidade horizontal v_x . O vetor velocidade vertical será representado através da função horária da velocidade do Movimento Uniformemente Variado e será digitado na janela da seguinte forma:

$$V_y = 60 - 10 \times t$$

O vetor velocidade horizontal tem valor constante e sua expressão será digitada como:

$$V_x = 80$$

Teremos então a seguinte janela:

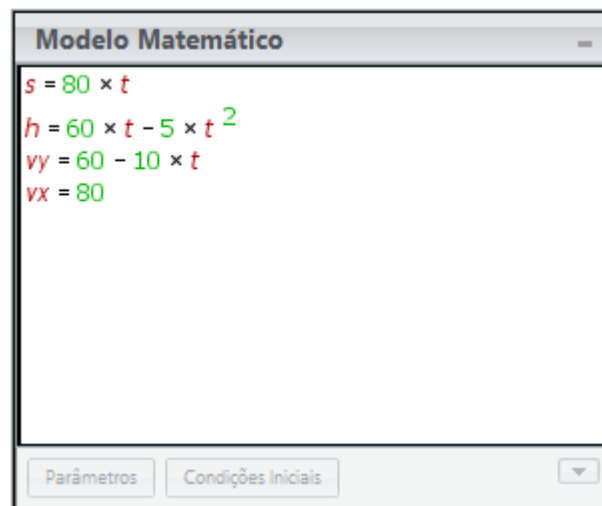


Figura 9: Equações das velocidades V_x e V_y inseridas no modelo matemático.

Para inserirmos o vetor na animação, na aba “Animação”, clicamos no botão “Vetor”, e em seguida em qualquer ponto da área de trabalho onde surgirá o vetor, a partir de então a barra de menus mudará para uma barra de controle das propriedades do objeto, onde associaremos a figura do vetor à partícula e à grandeza que ela representará.

No campo “coordenadas” selecionamos para a coordenada x o valor 0, uma vez que nosso vetor será sempre vertical, e para a coordenada y , selecionamos a opção v_y . Estas coordenadas são para a composição do módulo do vetor representado e não devem ser confundidas com as coordenadas de posição da partícula. No campo seguinte “valores” podemos escolher a cor da figura que representa o vetor e as informações deste vetor que desejamos que sejam apresentadas na área de trabalho. Ainda neste campo temos o ponto mais importante da representação, a opção “Ligar a:”, onde associaremos a figura do vetor à

figura da partícula do modelo, neste caso só existirá a opção da partícula 1 e ao a selecionarmos, a figura do vetor é imediatamente ligada à figura da partícula:

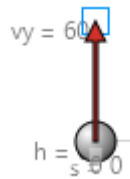


Figura 10: Vetor V_y ligado à partícula de animação

O procedimento para a criação do vetor representativo de v_x segue os mesmos passos, com exceção do campo “coordenadas”, onde selecionaremos para x , v_x e para y , 0. É interessante também escolhermos uma cor diferente para o vetor em questão. Seguidos os mesmos passos para a criação do vetor, teremos o seguinte resultado:

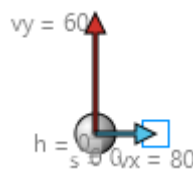


Figura 11: Vetor V_x acrescentado à partícula de animação

O vetor representativo da velocidade resultante é criado também utilizando os mesmo procedimentos de v_y e v_x , bastando configurar suas coordenadas $x=v_x$ e $y=v_y$, podendo também ser criado com cor diferente dos demais. Ao final do processo obtemos então:

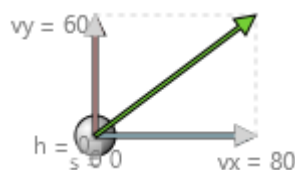


Figura 12: Vetor da velocidade resultante representado na partícula de animação

Rodando a simulação veremos que o vetor v_y varia seu módulo e sentido durante o movimento, o vetor v_x permanece constante e o vetor da velocidade resultante varia em módulo e orientação, mantendo-se sempre tangente à trajetória descrita. Uma funcionalidade de grande valia permite ver a imagem dos três vetores ao longo da simulação em intervalos que podemos definir de acordo com nossa conveniência. Tal função se chama “estroboscopia” e é a última opção no menu “ver” do campo “valores”. Para termos acesso a tal funcionalidade clicamos em um objeto de animação, no caso o vetor de v_y . A barra de

menus se transformará na barra de controle de propriedades do objeto. No menu “ver” clicamos em “estroboscopia” e no campo à direita o ligaremos à partícula 1. Repetimos os passos para os outros dois vetores e, ao rodar a simulação, obteremos o seguinte resultado:

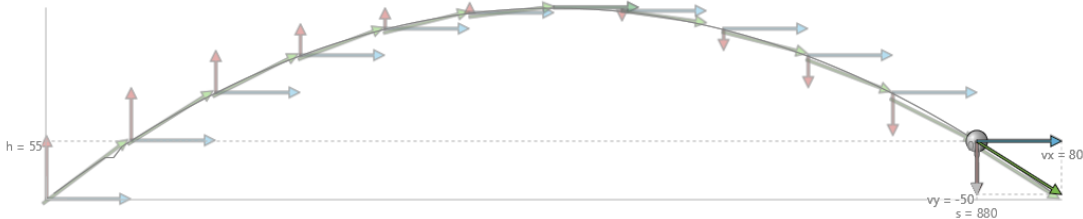


Figura 13: Vetores de velocidade representados em diversos pontos da animação.

O intervalo em que os vetores serão representados pode ser ajustado no campo “Deixar uma marca em cada (passos):”, onde quanto menor o valor, mais marcações teremos e conseqüentemente, quanto maior o valor, menos marcações serão representadas.

7. TRABALHANDO COM PARÂMETROS

Trabalhar com parâmetros permite-nos analisar um mesmo modelo sob variadas condições. Um parâmetro pode ser entendido como um conjunto de valores atribuídos a uma, ou mais variáveis à nossa escolha no modelo estudado. Para ilustrar o tópico recorreremos novamente ao lançamento oblíquo. Nos primeiros modelos trabalhados iniciamos a modelagem a partir das variáveis posição horizontal e altura e evoluímos até a análise dos vetores velocidade. Neste tópico iniciaremos nosso modelo a partir das equações das componentes da velocidade do objeto lançado.

Considerando que mediremos o ângulo θ de lançamento em relação à horizontal, teremos que $v_x = v \cdot \cos \theta$ e $v_y = v \cdot \sin \theta - g \cdot t$. A digitação destas duas equações na janela “Modelo Matemático” se dará da seguinte forma (considerando $g = 10\text{m/s}^2$):

$$v_x = v \cdot \cos(\text{angulo})$$

$$v_y = v \cdot \sin(\text{angulo}) - 10 \cdot t$$

Ao terminarmos a digitação clicaremos, na parte inferior esquerda da janela, no botão parâmetros, onde se abrirá um novo campo que dará o seguinte aspecto à janela:

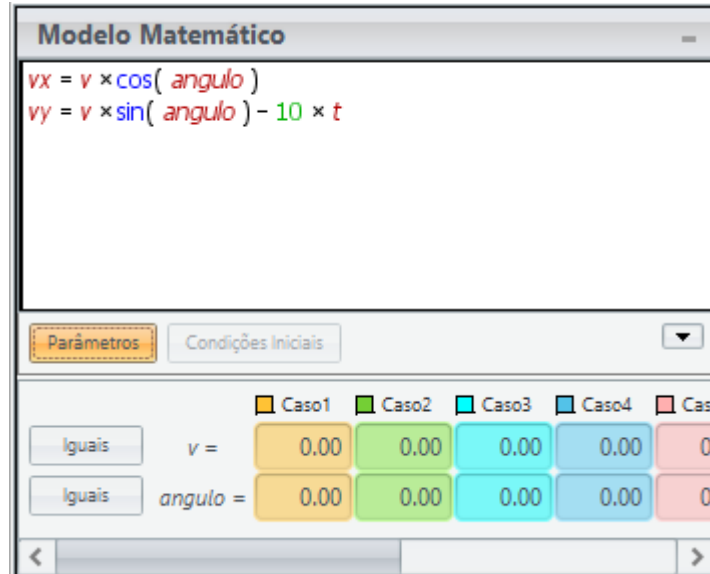


Figura 14: Modelo matemático parametrizado

Neste novo campo temos a possibilidade de atribuir até 10 valores diferentes para as variáveis “v” e “ângulo”, mas em nosso exemplo nos limitaremos a 3 casos apenas. No campo dos parâmetros vamos manter constante o valor de “v” para os três casos e usaremos 3 valores para a variável “ângulo”, 30°, 45° e 60°. É importante lembrar de configurarmos a medida de ângulos para graus no campo “preferências” da aba início. No campo “v” abaixo de “Caso 1” digitamos o valor de “v”. Usaremos 50 neste exemplo e em seguida ao clicarmos à esquerda no botão “iguais”, todos os campos de “v” para os 10 casos serão preenchidos com o valor 50. Na linha abaixo, nos campos “ângulo” lançaremos 30, 45 e 60 abaixo de “Caso 1”, “Caso 2” e “Caso 3” respectivamente. Como modificamos nossas equações de velocidade, é preciso que modifiquemos também as equações de posição, que ficarão com a seguinte digitação:

$$s=vx*t$$

$$h=vy*t-5*t^2$$

A janela “Modelo Matemático” agora terá a seguinte aparência:

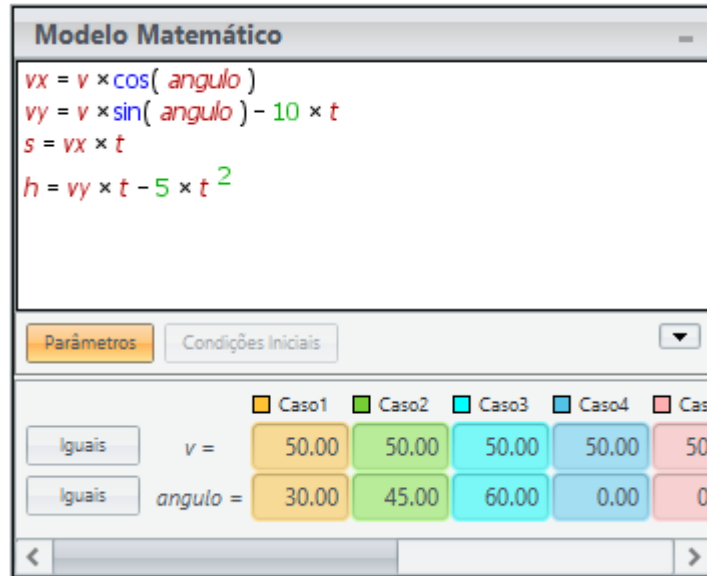


Figura 15: Equações de S e h acrescentadas ao modelo parametrizado

Por estarmos trabalhando com 3 casos, animaremos uma partícula para cada caso e faremos com que as três animações rodem simultaneamente. O procedimento de criação e configuração da partícula já é conhecido, o único detalhe a mais é que devemos associar cada partícula a um caso diferente, no campo “valores” da barra de propriedades do objeto. Se rodarmos a simulação neste ponto teremos:

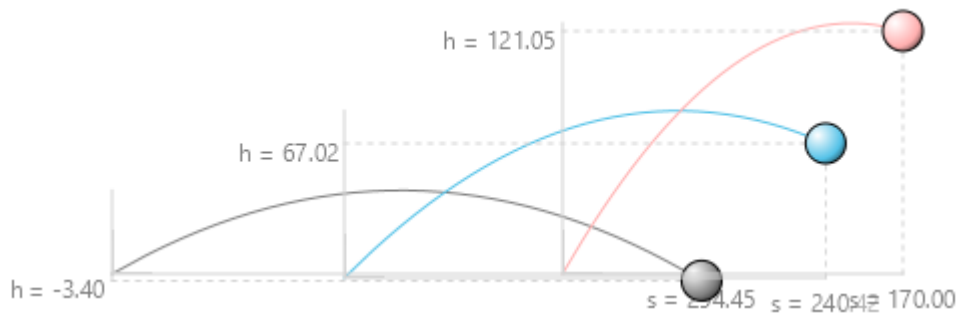


Figura 16: Animação obtida para o modelo com 3 parâmetros

Apesar de termos os três movimentos ocorrendo simultaneamente, seria mais interessante se os objetos partissem de um mesmo ponto, o que pode ser conseguido clicando sobre uma partícula e arrastando-a até que se sobreponha à outra, de forma que todas ocupem a mesma posição inicial. Feito isso, quando rodarmos novamente a simulação obteremos o resultado:

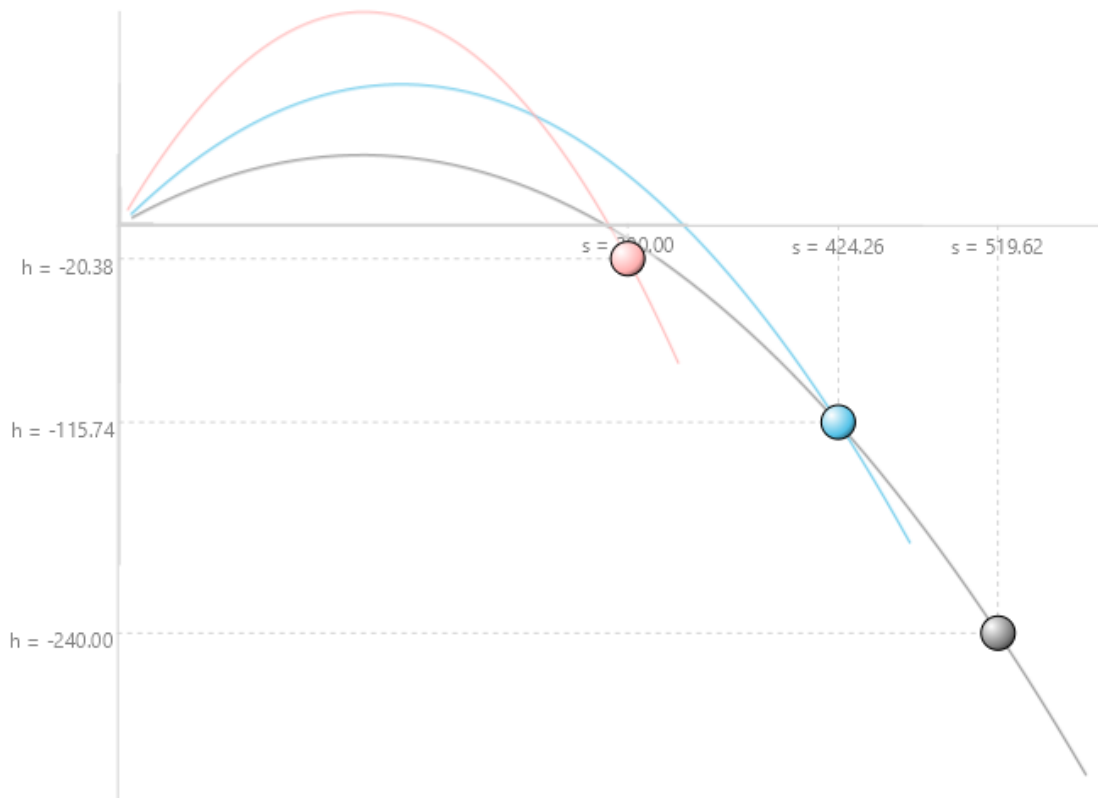


Figura 17: Animação do mesmo modelo com as partículas partindo de uma mesma posição inicial

Onde podemos analisar, de acordo com a parametrização variável “ângulo” a altura máxima atingida por cada objeto, o alcance horizontal e perceber que dois lançamentos, os de ângulos complementares, possuem mesmo alcance horizontal.

Através do trabalho com parâmetros podemos analisar tais resultados a partir da janela “Tabela” e da janela “Line Chart”. Na janela “Tabela” podemos configurar as colunas de acordo com a nossa conveniência, acrescentando ou retirando variáveis de cada caso, ou de todos os casos de uma vez. Abaixo temos um exemplo da configuração da tabela para os alcances horizontais dos três casos, representados por cores diferentes:

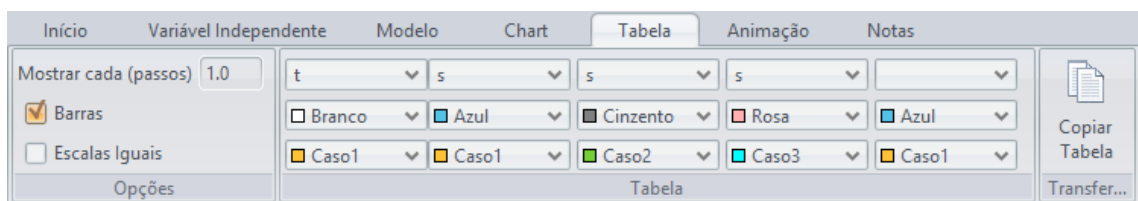


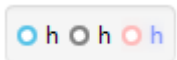
Figura 18: Configuração de tabela para o modelo parametrizado.

E a seguir, na tabela obtida durante a simulação, podemos identificar o alcance horizontal para cada caso e acompanhar seu crescimento através das barras horizontais coloridas nos campos de valor de “s”:

t	s	s	s
2.60	225.17	183.85	130.00
2.70	233.83	190.92	135.00
2.80	242.49	197.99	140.00
2.90	251.15	205.06	145.00
3	259.81	212.13	150.00
3.10	268.47	219.20	155.00
3.20	277.13	226.27	160.00
3.30	285.79	233.35	165.00
3.40	294.45	240.42	170.00
3.50	303.11	247.49	175.00
3.60	311.77	254.56	180.00
3.70	320.43	261.63	185.00
3.80	329.09	268.70	190.00
3.90	337.75	275.77	195.00

Figura 19: Tabela obtida para o modelo parametrizado.

O procedimento para a criação de gráficos é o mesmo que usamos nos primeiros modelos, porém acrescentamos quantos casos forem convenientes usando o botão "Add" no campo "Vertical Axis". Por padrão os gráficos são todos traçados na cor cinza, podemos mudar a cor de cada traço clicando em cada um dos círculos que representam a variável dependente neste

campo:  .

Ao clicarmos, se abrirá um menu de propriedades, onde poderemos escolher a cor de cada linha que será traçada. Ao darmos o comando de iniciar a simulação teremos traçado o seguinte gráfico de altura (h) x tempo (t) para os 3 casos modelados:

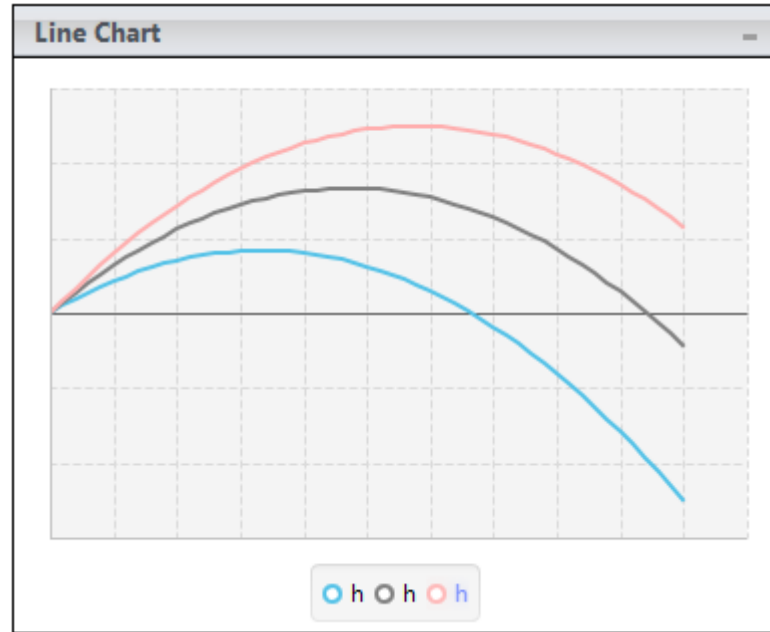


Figura 20: Gráfico obtido para o modelo parametrizado.

O modelo com suas quatro representações (matemática, gráfica, tabela e animação) em uma única janela, terá o seguinte resultado:

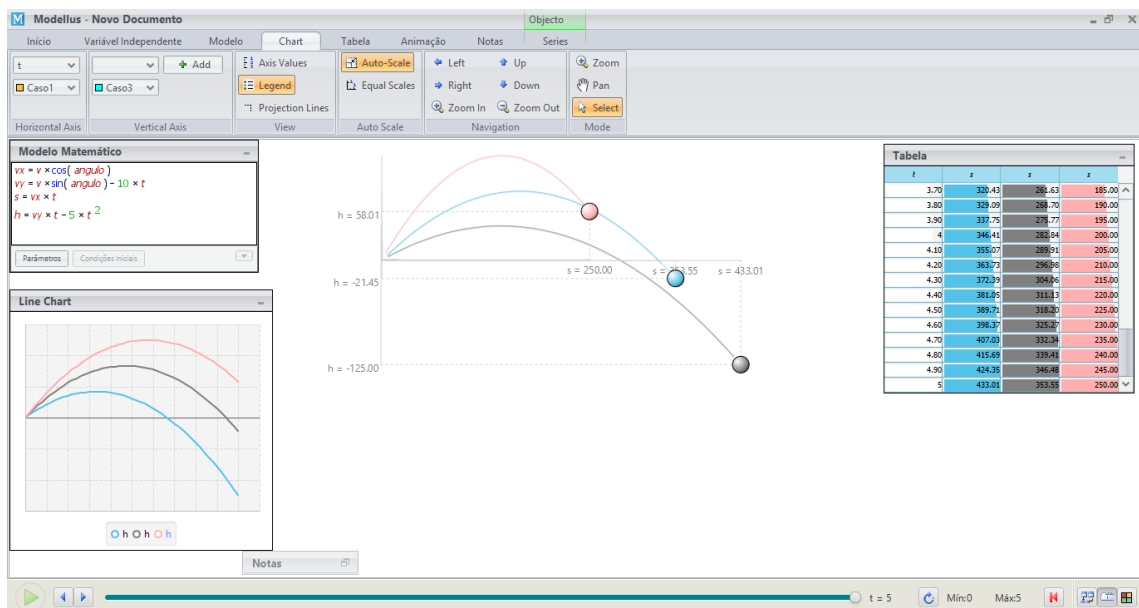


Figura 21: Área de trabalho com as 4 representações do modelo parametrizado

Outra forma de trabalhar com parâmetros é através da ferramenta “Indicador de Nível” na aba “Animação”, que se trata de um controle deslizante que muda o valor de uma variável dentro de um intervalo definido de acordo com nossa conveniência. No último exemplo, ao invés de criar 3 casos com valores definidos para a variável “angulo” podemos associá-la a um

indicador de nível e atribuir instantaneamente a ela qualquer valor dentro do intervalo definido.

Utilizando o último modelo, vamos na janela “Modelo Matemático” apagar todos os valores utilizados no campo parâmetros, inserindo zero no primeiro campo de valor de “v” e clicando em “iguais” e depois repetindo o procedimento para a variável “ângulo”. Voltando ao campo de digitação do modelo inserimos a linha:

$$v = 100.$$

Vamos agora à aba “Animação” e clicamos em “Indicador de Nível”, e em seguida na área de trabalho do Modellus. Ao mesmo tempo que será acrescentado o objeto à área de trabalho, a barra de menus se transformará em uma barra de controle das propriedades do indicador de nível. Neste campo podemos atribuir um nome ao indicador, em nosso caso “ângulo”, escolher sua cor, associá-lo a algum caso, se existirem outros, posicioná-lo de forma horizontal ou vertical e por fim, associá-lo à variável desejada e definir os valores mínimo e máximo bem como a taxa de incremento, ou passo. Em nosso modelo vamos configurá-lo na posição vertical, associá-lo à variável “ângulo” e estabelecer seus limites de 0 a 90 com passo 1.

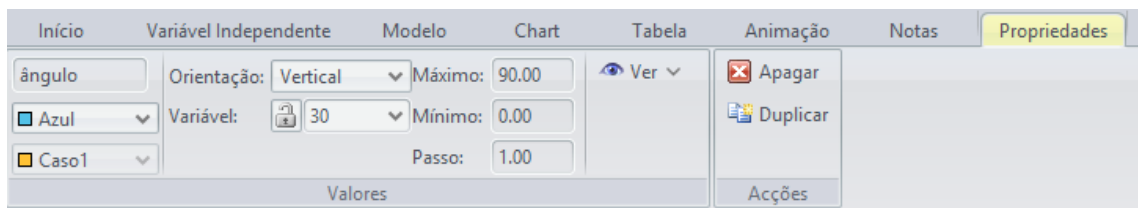


Figura 22: Barra de configuração do indicador de nível

O indicador de nível é controlado deslizando a barra entre os valores máximo e mínimo:

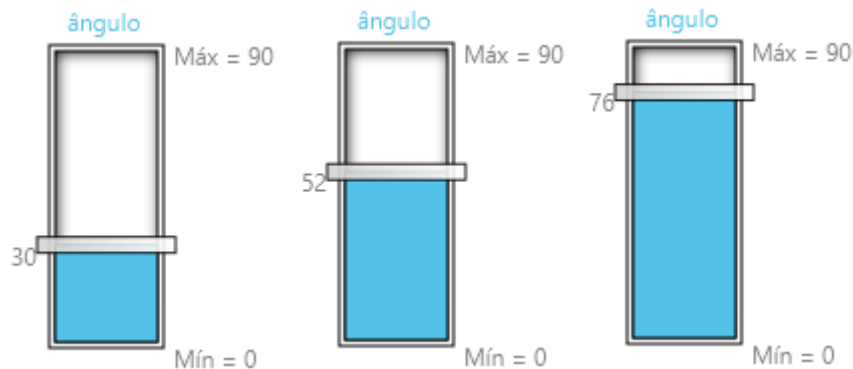


Figura 23: Indicador de nível em 3 posições diferentes

Para cada posição do indicador teremos um novo lançamento com ângulo diferente. Note que quando o indicador estiver na posição 0, podemos simular um lançamento horizontal.

8. USANDO CONDIÇÕES

É comum encontrarmos em livros didáticos problemas que mesclam movimentos retilíneos uniforme e variados. Tais situações podem ser modeladas matematicamente no Modellus através da ferramenta “Condição”. Consideremos a seguinte situação:

Um carro se move em trajetória retilínea com velocidade de módulo 40m/s quando, a partir de 10 segundos, o carro sofre uma aceleração de 8m/s² no sentido oposto ao de seu movimento.

Para a modelagem do problema, vamos dividi-lo em duas partes:

- 1) Até imediatamente antes de 10s temos um movimento retilíneo uniforme cuja posição é dada equação $s = s_0 + v \cdot t$
- 2) A partir de 10s temos um movimento retilíneo uniformemente variado, cuja posição é dada pela equação $s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

Então o problema será representado por dois modelos, um deles no intervalo $t < 10s$ e o outro de 10s em diante. Para modelarmos tal situação, vamos à janela “Modelo Matemático” e digitamos “s =”, em seguida vamos à aba “Modelo” e clicamos em “Condição”. Logo após será aberto um colchete com duas linhas. Na primeira linha digitamos a condição do modelo para $t < 10s$ nos espaços que já são destinados a isso. A primeira linha será digitada $40 \cdot t$, $t < 10$. Na segunda linha digitaremos o modelo para tempos a partir de 10s, logo devemos ter em mente que já haverá uma posição inicial, dada por 40×10 , e que para continuarmos usando t como variável independente devemos considerar como se um novo movimento se iniciasse a partir de $t = 0$, por isso, na equação, usaremos $(t - 10)$ nos lugares da variável t . A digitação será: $40 \cdot 10 + 40 \cdot (t - 10) - 4 \cdot (t - 10)^2$. Ao final, a janela modelo matemático terá o seguinte aspecto:

$$s = \begin{cases} 40 \times t, & t < 10 \\ 40 \times 10 + 40 \times (t - 10) - 4 \times (t - 10)^2 \end{cases}$$

Figura 24: Equações de um modelo condicional

Criaremos, da maneira já conhecida, as representações em forma de tabela, gráfico e animação usando o procedimento já conhecido e rodamos a simulação. Vemos na tabela que o móvel retorna à posição inicial entre os tempos 26s e 26,20s, por isso vamos configurar o limite da variável independente em 27s e rodar novamente a simulação, ao final da qual obteremos as quatro representações do modelo da forma a seguir:

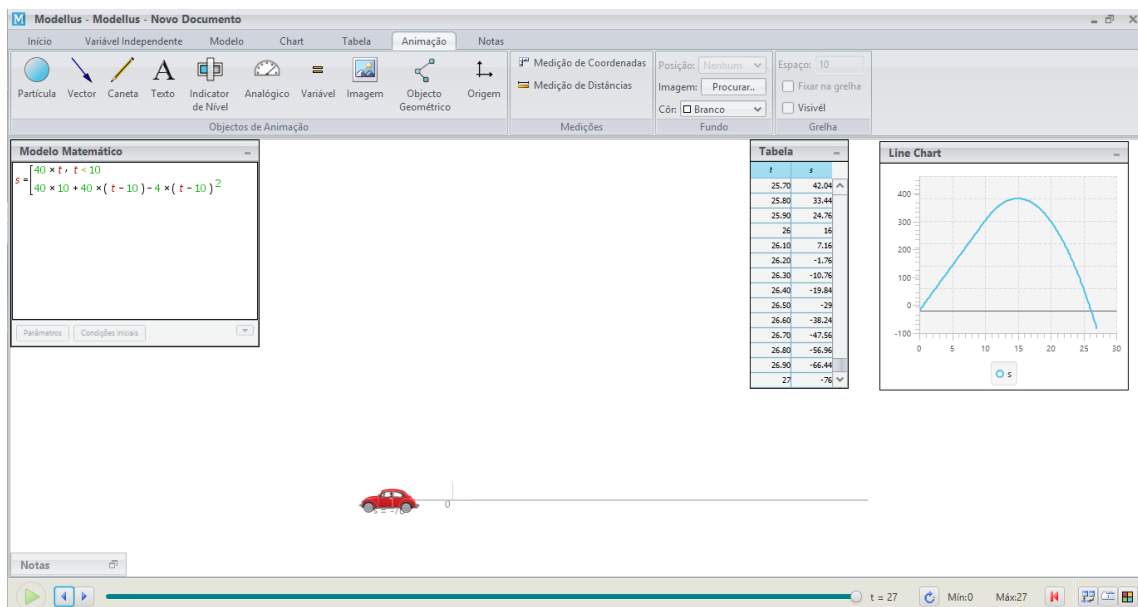


Figura 25: Área de trabalho com as 4 representações do modelo condicional

Vamos supor agora que entre 10s e 12s nosso carro tenha permanecido parado e só então iniciado o movimento uniformemente variado. Para isso precisamos de uma nova linha de condição em nosso modelo e ela pode ser inserida usando as condicionais “and” (e) ou “or” (ou) através da digitação dos caracteres ao em uma nova linha de condição:

: insere uma nova linha de condição;

& insere a condicional “and”, representada na janela “Modelo Matemático” por ^;

| insere a condicional “or”, representada na janela “Modelo Matemático” por v.

Nosso modelo agora funciona com o carro se movendo com velocidade constante até imediatamente antes de 10s e ficando parado até imediatamente antes de 12s e só então entrando em movimento retilíneo uniformemente variado. Para efetuar a modificação vamos à janela “Modelo Matemático” e ao fim da primeira linha digitamos:, uma nova linha será inserida logo abaixo da primeira onde vamos inserir $40 \times 10, t < 12$. Em seguida ajustamos a terceira linha, substituindo nos parênteses o valor 10 por 12, uma vez que a posição inicial não se alterou, apenas o instante de início do movimento. Como houve um acréscimo de 2s ao tempo total do movimento, mudamos o valor máximo da variável independente para 29s e rodamos novamente o modelo, onde obteremos as representações como na figura a seguir:

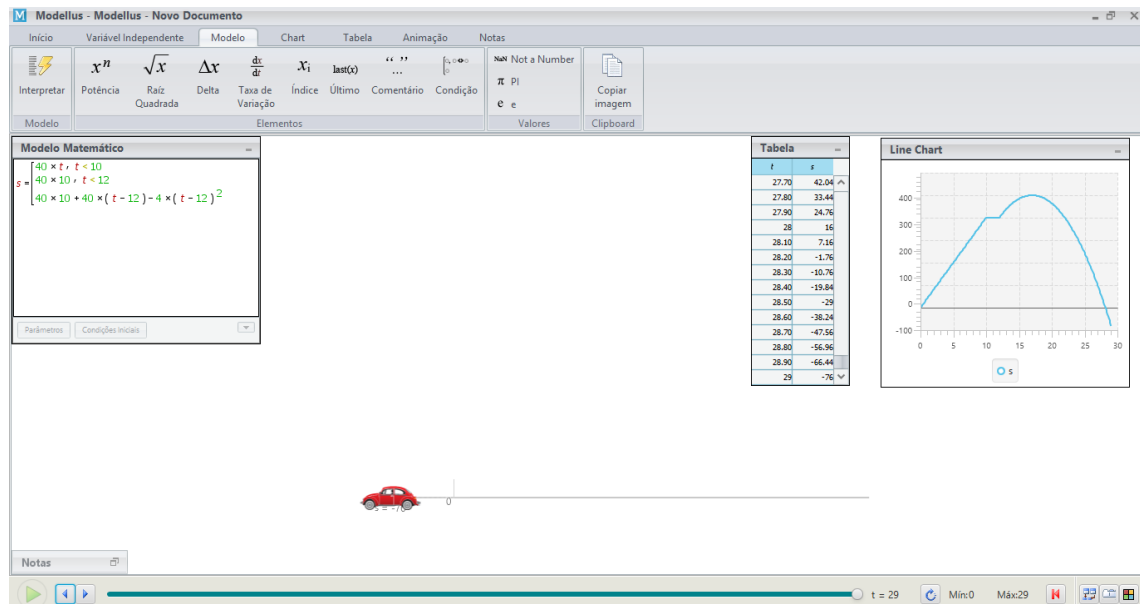


Figura 26: Área de trabalho com as 4 representações de um segundo modelo condicional.

Um recurso interessante e que pode ser utilizado neste exemplo é a ferramenta “caneta” que permite desenhar na área de trabalho os esboços dos gráficos $s \times t$ e/ou $v \times t$, quando v também for representada por uma equação. Podemos usá-la clicando no botão “caneta” na aba “Animação” e em seguida em qualquer ponto da área de trabalho, quando configuramos suas propriedades na barra que se abre simultaneamente à adição do objeto. Para a coordenada x selecionamos a variável t e para a coordenada y a variável s , as escalas de x e y devem ser configuradas de acordo com a conveniência de quem opera o modelo, mas os valores $x = 10.00$ e $y = 0.50$ dão bons resultados com a maioria dos monitores. Feito isso

podemos clicar sobre a caneta e arrastá-la para qualquer ponto da área de trabalho, mas um melhor resultado visual é obtido posicionando-se a caneta exatamente sobre o carro, no caso deste modelo, como vemos abaixo:



Figura 27: Ferramenta caneta associada à partícula animada

Executando o modelo, a caneta passa a se movimentar de forma simultânea ao carro, desenhando neste caso, o gráfico $s \times t$.

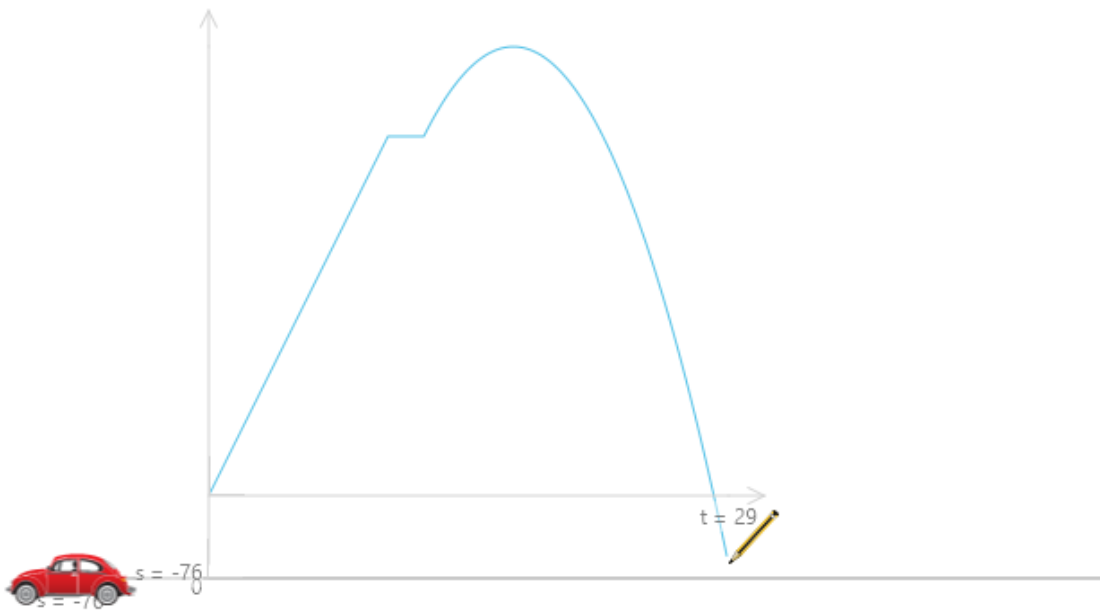


Figura 28: Resultado do uso da ferramenta caneta

9. USANDO DERIVADAS

Apesar de não ser comum o estudo de derivadas no ensino médio, a capacidade do Modellus de operar com elas auxilia a compreensão dos conceitos de velocidade e aceleração como taxas de variação de posição e velocidade respectivamente. Tomando como exemplo um movimento uniformemente variado, podemos visualizar a velocidade, representada no gráfico $s \times t$, como uma tangente que se apresenta crescente, decrescente, ou

nula, conforme o movimento seja progressivo, retrógrado ou efetue inversão de sentido de sua velocidade em algum ponto.

Tomemos como exemplo um movimento uniformemente variado em que:

Posição inicial = 0m;

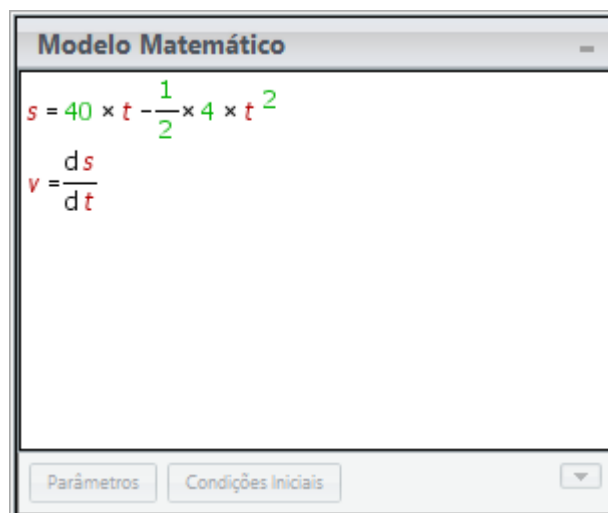
Velocidade inicial = 40m/s;

Aceleração = 4m/s².

Para isso digitaremos na janela “Modelo Matemático” $s=40*t-1/2*4*t^2$.

Em seguida definiremos a velocidade como sendo a derivada da função s em relação ao tempo, digitando $v=$ e em seguida clicando na barra de menus, na aba “modelo” no botão “Taxa de Variação”, representado por $\frac{dx}{dt}$ e digitando a variável de posição, neste caso, a letra s .

Teremos então o seguinte aspecto na janela “Modelo Matemático”:



The screenshot shows a window titled "Modelo Matemático". Inside the window, the following mathematical expressions are displayed:

$$s = 40 \times t - \frac{1}{2} \times 4 \times t^2$$

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

At the bottom of the window, there are three buttons: "Parâmetros", "Condições Iniciais", and a small downward-pointing arrow.

Figura 29: Modelo matemático com uso de derivada

Criaremos agora, usando os procedimentos já conhecidos, uma animação, preferencialmente com uma partícula em que seja possível visualizar sua orientação, como um automóvel ou um animal, e o gráfico $s \times t$, porém na aba gráfico, na opção “ver”, selecionamos também a opção “tangente”. Ao rodarmos a animação notaremos que a medida que a partícula varia sua posição visualizamos um segmento de reta tangente ao gráfico $s \times t$, que se apresenta crescente no intervalo de tempo em que o movimento é progressivo e decrescente no intervalo em que o movimento é retrógrado.

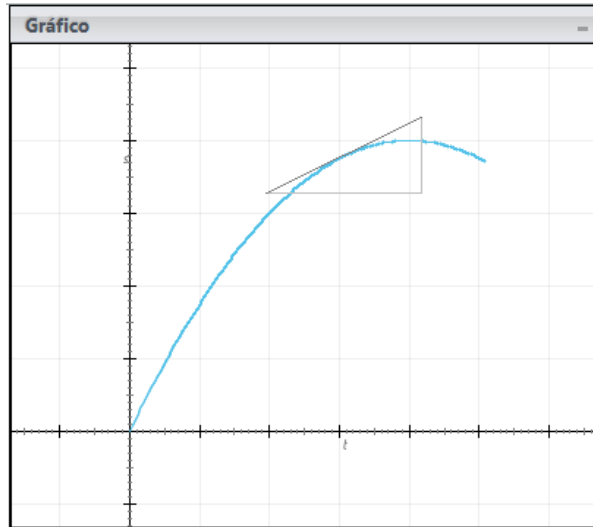


Figura 30: Gráfico $s \times t$ e tangente em movimento progressivo.

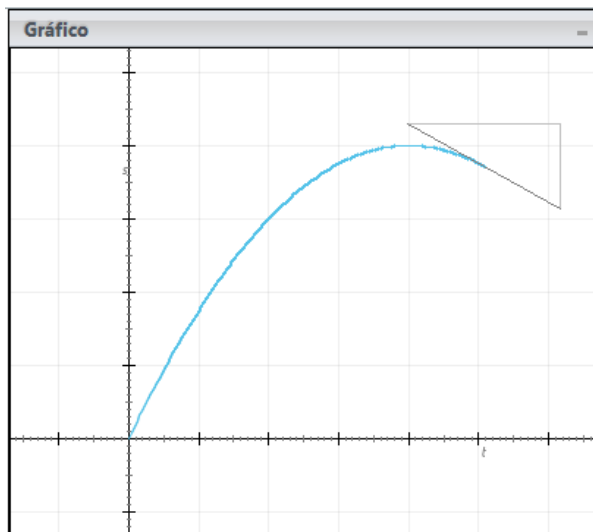


Figura 31: Gráfico $s \times t$ e tangente em movimento retrógrado.

O mesmo procedimento pode ser adotado para o estudo da velocidade e/ou aceleração em movimentos que não sejam uniformemente variados, usando a aceleração como derivada da velocidade.

ANEXO III

OBSERVAÇÕES AO PROFESSOR

**O USO DO SOFTWARE MODELLUS NA FORMAÇÃO INICIAL DE
LICENCIANDOS EM FÍSICA DENTRO DA ABORDAGEM METODOLÓGICA DA
SALA DE AULA INVERTIDA**

MARCELO TOMANIK

São Carlos/SP - 2015

INTRODUÇÃO

Neste anexo são discutidas observações que podem ser consideradas como sugestões para utilização prática do produto do presente texto. É importante esclarecer que tais sugestões não compõem um roteiro, ou manual de uso, e sim a análise de experiências observadas na prática profissional do autor nos passos iniciais da elaboração deste trabalho. Tais observações tem como objetivo de incentivar o professor para que ele mesmo crie suas estratégias, amplie o material apresentado e evite alguns dos contratempos experimentados até que esse trabalho fosse concluído. Optou-se pela apresentação em tópicos que independem um do outro, a fim de reforçar a ideia de que não roteirização do exposto.

A PREPARAÇÃO

A preparação de uma aula é prática rotineira do professor e, mesmo que tal aula, ou atividade didática, já tenha sido apresentada anteriormente, sempre se está sujeito a imprevistos que podem comprometer o processo de ensino-aprendizagem. Quando se utiliza um recurso computacional, o funcionamento dele é requisito fundamental no sucesso da atividade, portanto antes de qualquer uso do Modellus é recomendável que o professor assista aos tutoriais em vídeo descritos abaixo. A leitura do tutorial escrito, apresentado no ANEXO II é opcional, pois apresenta os comandos do software de forma mais detalhada.

Considerando que a escola possua uma sala de informática, recomenda-se que o software seja instalado, e testado, previamente em todos os computadores a fim de evitar interrupções que causem dispersão dos alunos nas atividades a serem desenvolvidas. Como o Modellus está em constante desenvolvimento, instale a versão mais estável do software, ou seja, a que precede a versão identificada como “beta”. Até a presente data, ela pode ser obtida em: <http://modellus.co/index.php/pt/baixar>

Os tutoriais em vídeo estão disponíveis na plataforma *Youtube* nos links abaixo:

Vídeo 1: Instalação do Modellus, ambientação e comandos básicos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=aV88Cd3wDwY>

Vídeo 2: Modelando um movimento uniforme

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=H4nj8Be0NKs>

Vídeo 3: Modelando um movimento em duas dimensões

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=Jg046kPufDs>

Vídeo 4: Usando condições

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=wApRHGSfwho>

Vídeo 5: Usando derivadas.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=6Hh0eQRv9Q0>

O uso da plataforma *Youtube* obriga uma conexão à internet, porém é sabido que ainda existem escolas que a conexão é precária ou até mesmo inexistente, por isso os vídeos também estão disponíveis para download na plataforma *Dropbox* através do link <https://goo.gl/G7ekRG>.

A SALA DE AULA INVERTIDA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O USO DO MODELLUS

No item 5 do presente texto, “A ABORDAGEM METODOLÓGICA: SALA DE AULA INVERTIDA”, foi discutida a abordagem da metodologia da Sala de Aula Invertida, utilizada na aplicação dos tutoriais em vídeo aos sujeitos da pesquisa. A metodologia da sala de aula invertida propõe que os estudantes estudem em casa, seja lendo ou assistindo vídeos e na sala de aula com a presença do professor, sejam propostos exercícios que propiciem reflexões do conteúdo estudado previamente. Descrevemos abaixo algumas sugestões para a aplicação desse trabalho:

- O momento do encontro: Tão importante quanto o material desenvolvido é o conjunto de atividades a serem desenvolvidas na presença do professor. Deve-se dar preferência para atividades em grupos que promovam interação entre os estudantes e valorizem o papel do professor como mediador da construção do conhecimento;
- Apresentação da metodologia: É comum uma metodologia investigativa ser encarada como uma “maneira do professor trabalhar menos”. Se a turma nunca teve contato com a metodologia da Sala de Aula Invertida haverá estranhamento, por isso é importante um momento de apresentação da metodologia aos alunos e aos pais, se for o caso, onde sejam apresentados os benefícios e a maneira como o trabalho será conduzido.

- Dosar a apresentação do conteúdo: A quantidade de conteúdo apresentado depende da faixa etária e da extensão do conteúdo. No caso de um vídeo, se ele for longo corre o risco de se tornar enfadonho, se for curto demais pode prejudicar o conteúdo. Da experiência profissional do autor, é aconselhável o tempo máximo de 10 minutos para a apresentação do conteúdo a ser estudado. A gravação de um vídeo de 10 minutos demanda aproximadamente 1 hora de trabalho, envolvendo gravação, edição e disponibilização on-line. No caso apresentado neste texto, todos os vídeos foram disponibilizados de uma vez devido ao tempo que se dispunha para sua conclusão, mas em uma turma de ensino médio, por exemplo, o ideal é que seja apresentado um vídeo por vez, intercalando entre eles momentos de discussão e realização de atividades;
- Atualização de conteúdo: A metodologia da Sala de Aula invertida deve ser dinâmica e o professor deve estar sempre atento às necessidades de atualização do conteúdo de seu material;
- Focar o conteúdo: Não existe uma regra que proíba o professor de aparecer no vídeo, porém devido ao tempo curto com que os vídeos devem ser produzidos é desejável que eles não apresentem elementos que possam desviar a atenção do aluno, como vestuário e gesticulação por exemplo. O ideal é que se use softwares de captura de vídeo da tela computador. O *CamStudio* é um software livre e com uma interface amigável, e pode ser obtido em <http://camstudio.org/>. Uma alternativa é gravar a imagem de um quadro branco com estruturas de tópicos, gráficos ou desenhos. A plataforma *Youtube* dispõe de recursos de anotações que podem enriquecer a apresentação do vídeo;
- Acessibilidade do conteúdo: O conteúdo deve ser apresentado num formato acessível a todos dos estudantes. Vídeos devem ser apresentados quando *on-line*, em plataformas estáveis e populares, como *Youtube* ou *Vimeo* por exemplo. Quando a apresentação exigir download do vídeo, ele deve estar em um formato popular como .avi ou .mp4, que possam ser exibidos em *players* nativos do próprio computador do aluno. No caso de documentos em texto, o formato .pdf é a melhor opção;

IMPRESSÕES QUANTO A APRESENTAÇÃO DO MODELLUS

A recepção dos estudantes à apresentação de um recurso computacional depende do interesse que o recurso desperta neles. O autor desse texto observou diferentes recepções quando o Modellus foi apresentado aos sujeitos da pesquisa, licenciandos em Física da Universidade Federal de Uberlândia, e aos seus alunos, graduandos em Agronomia e turmas de ensino médio de um colégio privado. Os sujeitos da pesquisa viram o Modellus como uma ferramenta em sua prática profissional, como já foi apresentado no item 7 do presente texto “APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS E RESULTADOS”; os graduandos em Agronomia como um recurso facilitador da compreensão de problemas e os alunos de ensino médio como um recurso que tornava as aulas mais interessantes.

Nas turmas de graduação em Agronomia o Modellus foi utilizado apenas durante a apresentação de conceitos de cinemática e dinâmica, o que é justificado pelas peculiaridades das turmas, que funcionavam em horário noturno, com 4 horas aula semanais. Nestas turmas foi observado que nos tópicos de cinemática as animações de movimentos possibilitadas pelo Modellus foi o recurso mais bem recebido. Os estudantes relataram ter sido o recurso que mais facilitou a aprendizagem. Sugere-se ao professor que, em turmas de graduação com características semelhantes, o Modellus seja um recurso destinado à otimização do tempo em sala de aula, uma vez que a Física é uma disciplina do ciclo básico e os estudantes priorizam as disciplinas do ciclo profissional.

A apresentação do Modellus às turmas do ensino médio foi feita de forma mais lenta, e demandou maior preparação das atividades a serem desenvolvidas. As turmas eram formadas por adolescentes de 15 a 18 anos, consideradas as três séries, e funcionavam em período matutino. As salas de aula contavam com computador, projetor multimídia e internet sem fio, e os estudantes podiam utilizar seus próprios notebooks. O primeiro uso do Modellus foi para a apresentação de uma animação de cinemática, com o intuito de relacionar o movimento de um carro ao gráfico Posição x tempo. Este primeiro uso teve a intenção de despertar a curiosidade dos estudantes sobre o software e produzir questionamentos sobre suas possibilidades. Após esse contato, em aulas seguintes, o Modellus foi formalmente apresentado como uma ferramenta de modelagem em que exemplos e exercícios disponíveis no material didático eram utilizados para gerar animações e gráficos. O uso do Modellus em sala de aula despertou a vontade dos estudantes em aprender como modelar problemas no software, sendo que alguns iniciaram por conta própria, e esse momento serviu como gancho para a apresentação dos tutoriais em vídeo.

A introdução dos tutoriais se deu utilizando a metodologia da Sala de Aula Invertida. Foi pedido aos estudantes que assistissem apenas ao primeiro vídeo e que apresentassem suas impressões em sala de aula. A partir do segundo vídeo foi pedido aos estudantes que resolvessem atividades do material didático, que era adotado pelo colégio à época, pertinentes ao conteúdo do vídeo e compartilhassem seus resultados em um ambiente virtual da própria escola, que foram discutidos em sala de aula. Ao fim do quinto vídeo os alunos já apresentavam autonomia para a modelagem de problemas escolhidos por eles próprios.

Ressalta-se que as experiências relatadas são observações da prática profissional do autor que não constituíram instrumento de pesquisa para o presente texto durante o período de um ano letivo.