

As Atividades Didáticas de Modelização apresentadas aqui, compõe o Produto Educacional e foram desenvolvidos visando a utilização da modelização, via utilização de recursos experimentais, juntamente com a utilização de recursos computacionais (aquisição de dados e simulação), nos estudos de movimento uniforme (MU), movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e no estudo de movimento bidimensional (Lançamento Oblíquo). Estas atividades estão sendo previstas para serem implementadas em turmas de primeiros anos do Ensino Médio, podendo-se adequar à programação curricular já definida pela escola/professor. A inovação está na forma como o estudo do movimento será abordado em sala de aula, isto é, o processo será centrado na modelização a partir da experimentação articulada com recursos computacionais (aquisição automática de dados e simulação), explorando o melhor de cada recurso.

Orientador: Luiz Clement

Joinville, 2017

ANO
2017



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA
E TECNOLOGIAS - PPGCMT

GEORGE LUIS AZEVEDO | Física... Movimento... ModelizAção...

PRODUTO EDUCACIONAL

Física... Movimento... ModelizAção...

GEORGE LUIS AZEVEDO

JOINVILLE, 2017

Instituição de Ensino: Universidade do Estado de Santa Catarina

Programa: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Nível: Mestrado Profissional

Área de Concentração: Ensino de Ciências.

Linha de Pesquisa: Ensino, aprendizagem e formação de professores.

Título: Física... Movimento... ModelizAção

Autor: George Luis Azevedo

Orientador: Luiz Clement

Data: 23/10/2017

Produto Educacional: Desenvolvimento de material didático e instrucional

Nível de ensino: Ensino Médio.

Área de Conhecimento: Física

Tema: Movimento uniforme, movimento uniformemente variado e lançamento oblíquo.

Descrição do Produto Educacional:

Desenvolveu-se um Conjunto de Atividades Didáticas de Modelização para o estudo de movimentos em aulas de Física do Ensino Médio ao longo de dez aulas.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: Modelização, Experimentação e Recursos Computacionais: possíveis articulações para o estudo de movimentos em Aulas de Física.

URL:

Arquivo	*Descrição	Formato
-------------------------	----------------------------	-------------------------

Licença de uso:

RESUMO

As Atividades Didáticas de Modelização apresentadas aqui, compõe o Produto Educacional e foram desenvolvidos visando a utilização da modelização, via utilização de recursos experimentais, juntamente com a utilização de recursos computacionais (aquisição de dados e simulação), nos estudos de movimento uniforme (MU), movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e no estudo de movimento bidimensional (Lançamento Oblíquo). Estas atividades estão sendo previstas para serem implementadas em turmas de primeiros anos do Ensino Médio, podendo-se adequar à programação curricular já definida pela escola/professor. A inovação está na forma como o estudo do movimento será abordado em sala de aula, isto é, o processo será centrado na modelização a partir da experimentação articulada com recursos computacionais (aquisição automática de dados e simulação), explorando o melhor de cada recurso.

Palavras-chave: Modelização, Experimentação, Simulação, Ensino de Física.

Sumário

1. Ao Professor.....	05
1.1 Contexto do Produto Educacional.....	05
1.2 Organização Didática.....	08
2. Atividade Didática de Modelização 01.....	10
3. Atividade Didática de Modelização 02.....	18
4. Atividade Didática de Modelização 03.....	37
Referências.....	43

1. Ao Professor

1.1 Contexto do Produto Educacional

As Ciências da Natureza, como a Física, a Química e a Biologia, fazem parte do cotidiano de todas as pessoas. Portanto, o processo de ensino e aprendizagem dessas áreas deve levar os estudantes a aprender o conteúdo de forma contextualizada, mesclando teoria e experimentos.

Uma concepção pragmática do ensino de Física pode parecer óbvia, mas, na prática não acontece na maioria das escolas. De forma geral, observa-se uma abordagem pautada em resoluções de equações, em conceitos e leis, logo desconexa da vivência dos estudantes e vazia de significado. Além disso, há uma necessidade de se ressaltar a importância de tratar a Ciências da Natureza como um conhecimento em construção, e não como produto acabado e decorrente apenas da genialidade de cientista com mentes privilegiadas, ou seja, há a necessidade em demostrar aos estudantes que as leis e conceitos da Física são na realidade fruto da construção humana, os chamados modelos.

O fragmento a seguir, extraído do documento PNC+ (2002), é uma referência que valida a concepção adotada neste Produto Educacional para o ensino de Física:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. (BRASIL, 2002, p.60)

Pode-se também ressaltar um típico obstáculo ao ensino e aprendizagem de conceitos da Física: os conceitos intuitivos. Na tentativa de entender o mundo que os rodeia, para explicar suas experiências diárias, os estudantes formulam naturalmente modelos, ou seja, explicações que não são cientificamente aceitas. Esses modelos, construídos sem embasamento científico, fruto das experiências e observações cotidianas, são denominadas “concepções alternativas”, “concepções espontâneas” ou ainda, “conceitos intuitivos”, entre vários outros nomes empregados em artigos, dissertações e teses que abordam esse tema.

A experiência de sala de aula permite constatar que estudantes de turmas e de séries diferentes trazem ideias preconcebidas sobre determinados conceitos físicos. Na obra *A formação do espírito científico*, escrita em 1935, Bachelard afirma:

Acho surpreendente que professores de Ciências, mais do que outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda [...]. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, p.23)

Embora os conhecimentos prévios sejam importantes como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem, é função da escola levar os estudantes a superá-los e ampliá-los, garantindo a apropriação do conhecimento científico. Nessa superação, o professor pode criar situações que provoquem um desequilíbrio cognitivo, de modo que os estudantes passem a adotar uma atitude científica no processo de aprender a aprender.

Contudo, deve-se lembrar sempre o que Moreira (1999) afirma:

[...] a mudança conceitual na estrutura cognitiva do aluno também não é um processo de substituição de uma concepção por outra, de significado para outro. A mudança conceitual é progressiva, evolutiva, não substitutiva. As novas concepções, ou novos significados de uma dada concepção, coexistem (talvez para sempre) na estrutura cognitiva, com as preexistentes. (MOREIRA, 1999, p.61)

Para ajudar a construir conceitos cientificamente corretos, é preciso expô-los a variadas situações a fim de que suas concepções espontâneas aflorem e o professor possa, assim, intervir, mediar a compreensão da Física e das tecnologias a ela associadas.

Afim de superar as dificuldades constatas, no desenvolvimento deste material, utilizamos os Ciclos de Modelagem de Hestenes.

Hestenes (2010) defende a ideia que um ciclo de modelagem pode ser decomposto em quatro fases principais (Quadro 28): análise (discussão pré-laboratorial), construção (investigação), validação (discussão pós-laboratorial) e aplicação do modelo (implementação).

Quadro 1 - Fases do Ciclo de Modelagem

Desenvolvimento do Modelo	Discussão pré-laboratorial: professor apresenta o problema.
	Investigação: em pequenos grupos
	Discussão pós-laboratorial: os estudantes apresentam e justificam as suas conclusões de forma oral e escrita.
Implementação do Modelo	Estudantes implementam o modelo recém confecionado.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A apresentação de um problema é, portanto, a primeira etapa do desenvolvimento de um ciclo de modelagem. Nessa fase, denominada por Hestenes de *discussão pré-laboratorial*, o professor pode se valer de uma infinidade de recursos para esclarecer aos alunos a questão norteadora do ciclo (JACKSON, DUKERICH & HESTENES, 2008). Ele pode utilizar, por exemplo, experimentos empíricos, simulações computacionais, vídeos, ou até mesmo apenas discutir o problema verbalmente. O fundamental é que o problema envolva a construção, o uso e a avaliação de modelos científicos.

A segunda etapa dos ciclos de modelagem é denominada *investigação* (idem). Nesse estágio, os estudantes, em pequenos grupos, trabalham no planejamento e na condução de experimentos virtuais e/ou empíricos no intuito de resolverem o problema proposto pelo professor. É importante que nessa etapa os alunos avaliem de que modo as idealizações e aproximações consideradas no modelo teórico que utilizarão implicam em discrepâncias entre os resultados preditos e os experimentais. Já o professor deve auxiliar os estudantes no planejamento das atividades sugerindo modelos ou teorias que possam ser úteis nas investigações dos alunos e apresentando ferramentas de representação (equações, gráficos, tabelas, diagramas, etc.) que desenvolverão as habilidades de modelagem dos alunos. Nessa etapa, os estudantes utilizam pequenos quadros brancos com aproximadamente 100 cm x 75 cm para compartilharem suas ideias com seus colegas.

Após a etapa de investigação, os ciclos de modelagem seguem com uma *discussão pós-laboratorial* onde os estudantes apresentam os resultados de suas

investigações para o grande grupo por meio dos quadros brancos (idem). Um dos objetivos dessa etapa é desenvolver o discurso dos alunos. Para isso, o professor deve ressaltar o uso de termos técnicos durante o desenvolvimento da discussão.

Outra meta dessa fase é o favorecimento do compartilhamento de significados. A exposição das explicações dos alunos possibilita que o professor argumente em favor do significado aceito cientificamente para os conceitos explicitados pelos estudantes. É importante para isso que ocorra sempre um ambiente de abertura entre os alunos para que eles se sintam à vontade, possibilitando que eles verbalizem suas verdadeiras concepções para os conceitos de Física.

O último estágio dos ciclos de modelagem é denominado *implementação* (idem). Nessa etapa, os estudantes utilizam o modelo recém explorado em novas situações para refinar e aprofundar a sua compreensão. Para isso, o professor apresenta novos problemas desafiadores para os estudantes envolvendo os modelos utilizados por eles nas fases anteriores do ciclo. Esse estágio pode incluir questionários, testes, trabalhos em laboratório, implementação computacional, etc.

A função do professor é orientar a progressão dos estudantes de modo a guiar os nas observações, questionamentos e discussões.

Neste contexto, nos Ciclos de Modelagem, a experimentação e o uso das tecnologias da informação aparecem, de madeira natural, como suporte para o desenvolvimento das atividades.

1.2 Organização Didática

Este material está organizado em três Atividades Didática de Modelização, a saber:

- ADM-01 – Sempre na Mesma.
- ADM-02 – Descendo a Ladeira.
- ADM-03 – No Alvo.

Cada Atividade Didática de Modelização é subdividido em momentos, sendo que foram criados esses momentos somente como organização didática e visual, não havendo obrigatoriedade de seguir essa sequência.

Em todas as Atividades Didática de Modelização, as quatro fases do Ciclo de Modelagem de Hestenes podem ser observadas, porém vale a pena ressaltar que as fases *Investigação* e *Discussão Pós-laboratorial* acabam acontecendo de forma cíclica durante as atividades.

2. Atividade Didática de Modelização 01

ADM-01

Sempre na mesma.

A Atividade Didática de Modelização ADM-01 focará no estudo de movimento uniforme (velocidade constante).

Para esta Atividade Didática de Modelização, propomos os seguintes objetivos de ensino:

1. Discutir as características do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).
2. Verificar por meio da experimentação a constância da velocidade no movimento do carrinho;
3. Analisar dados como tempo e posição, obtidos por meio de recurso computacional (utilizando o software Tracker) do movimento do carrinho;
4. Modelizar função horaria da posição;
5. Caracterizar posição e deslocamento;
6. Modelizar funções e simular movimento uniformes por meio de recurso computacional, utilizando o software Modellus;

Para atender aos propósitos estabelecidos, organizamos a atividade em seis momentos.

Tendo como base para o desenvolvimento esta Atividade Didática de Modelização os Ciclos de Modelagem de David Hestenes, e como já explicitamos, os Ciclos de Modelagem de hestenes possuem dois estágios (Desenvolvimento do modelo e Implementação do modelo), sendo que o primeiro estágio é subdividido em três fases (*Discussão pré-laboratorial, Investigação e Discussão pós-laboratorial*). O tabela a seguir demostra onde cada um dos seis momentos da Atividade Didática de Modelização aqui desenvolvida, se encaixa na teoria dos Ciclos de Modelagem de Hestenes.

Estágio	Fase	Momentos
Desenvolvimento do Modelo	Discussão pré-laboratorial	<i>Momento I</i>
	Investigação	<i>Momentos II ao V</i>
	<i>Discussão pós-laboratorial</i>	<i>Momentos II ao V</i>
Implementação do modelo		<i>Momento VI</i>

Momento I

Apresentação do fenômeno a ser modelizado. Discussão da constância da velocidade do movimento do carrinho.

Tempo previsto: aproximadamente 25 min

Dinâmica: Para iniciar a discussão, o professor deverá posicionar sua mesa no centro da sala, afim que todos os estudantes possam ver o que acontecerá sobre ela.

Feito este procedimento, o professor deverá colocar para se movimentar, sobre a mesa, um carrinho movido à pilha. O carrinho deve apresentar velocidade constante (direção e módulo), como mostra a Figura 56.

Figura 1 - Aparato para demonstração do Movimento Retilíneo Uniforme



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Após alguns deslocamentos realizados, o professor deverá questionar os estudantes com a seguinte pergunta:

Destaque as características deste movimento, que você julga importante.

O professor deverá anotar no quadro as características observadas/evidenciadas pelos estudantes.

Destacamos aqui algumas possíveis características possíveis:

- Movimento se dá em linha reta;
- O movimento se dá somente numa única direção;
- A velocidade é baixa;
- O movimento não muda a velocidade;
- O carrinho passa por várias posições;
- As posições somente aumentam ou somente diminuem.

Outro questionamento que o professor poderá fazer nesse momento é:

Você poderia prever qual a distância percorrida pelo carrinho após 1s, 2s e 15s de movimento?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

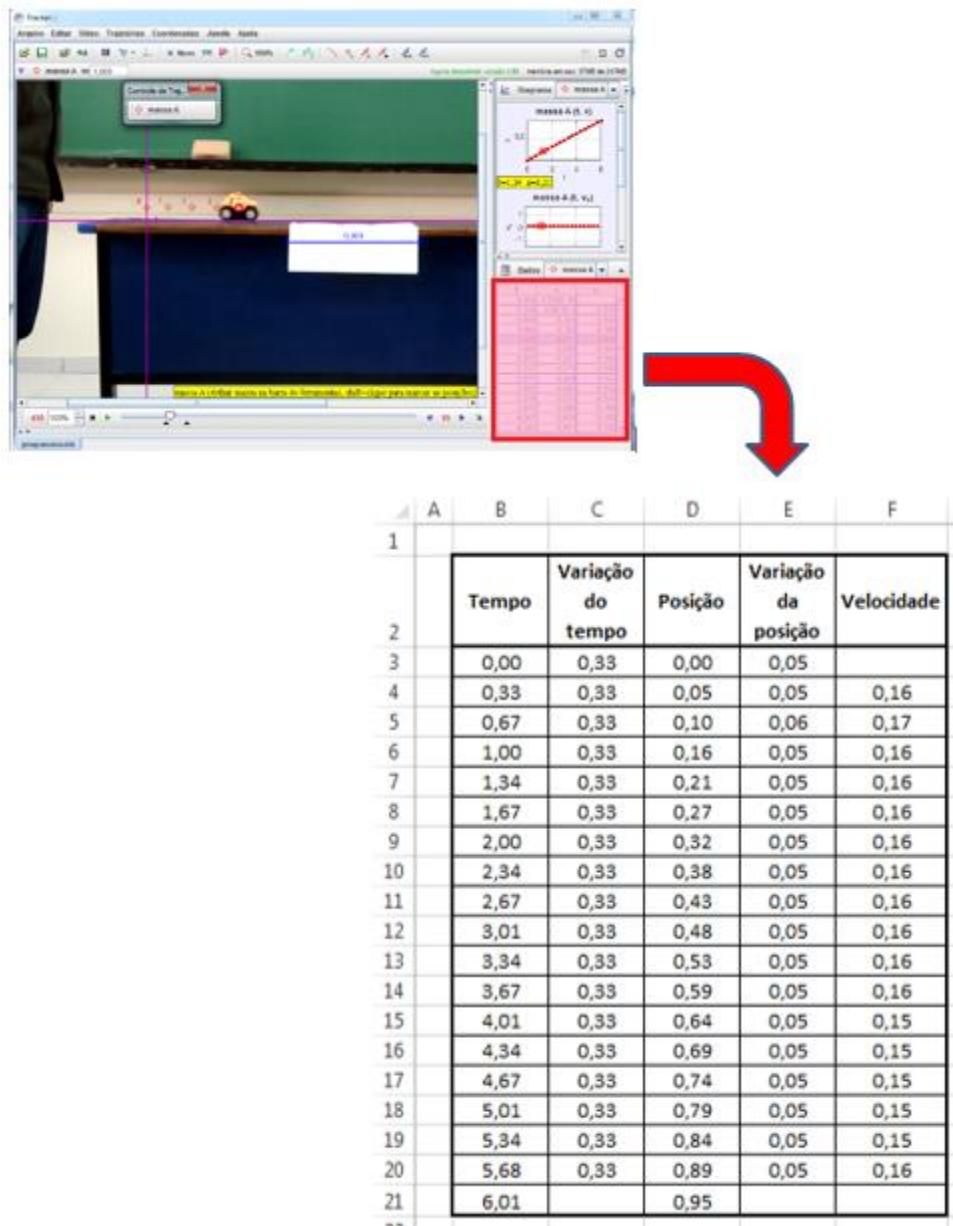
Momento II

Obtenção por meio de recurso computacional (utilizando o software Tracker) da tabela contendo tempo, posição e velocidade.

Tempo previsto: aproximadamente 35 min

Dinâmica: O professor deverá filmar e obter dados como tempo, posição e velocidade (com o auxílio do software Tracker) e posteriormente, em uma planilha eletrônica, analisar os dados do movimento, como ilustra a Figura 57.

Figura 2 - Utilização de recursos computacionais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

As instruções de utilização do Tracker podem ser encontradas no site do Laboratório Didático de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>.

Juntamente com a turma o professor deverá analisar a tabela discutindo a constância do movimento, ou seja, para um mesmo intervalo de tempo (coluna C), uma mesma variação da posição (coluna E).

Momento III

Modelização do movimento uniforme.

Tempo previsto: aproximadamente 30 min

Dinâmica: Agora, os estudantes em grupos, o professor deverá relançar o desafio:

Analisando os obtidos experimentalmente, você poderia dizer onde o carrinho estará após um tempo de 1s, 2s e 15s?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 10 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento IV

Modelização da função horária da posição para o movimento do carrinho.

Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica: Ainda em grupos, os estudantes receberão mais um desafio do professor, que será:

Como você poderá expressar matematicamente, o raciocínio utilizado para determinar a posição do carrinho em diferentes instantes?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 10 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento V

Modelização da função horária da posição para o movimento do carrinho.

Tempo previsto: aproximadamente 25 min

Dinâmica: Ainda em grupos, os estudantes receberão um novo desafio do professor, que será:

Caso soubéssemos que a velocidade do carrinho fosse igual a 2,5m/s, qual será a posição ocupada pelo carrinho após um tempo de 2s, sabendo que ele iniciou seu movimento na posição 3m?

Neste momento é importante o professor chamar a atenção para a diferença entre deslocamento e posição ocupada por um móvel.

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 10 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento VI

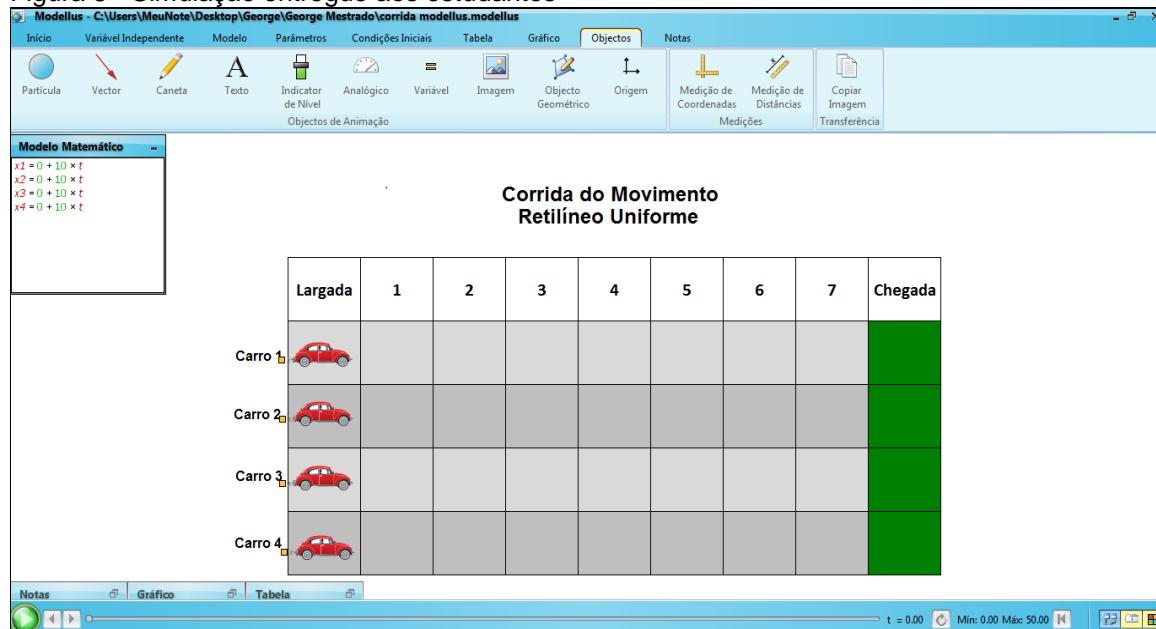
Modelização de funções de MRU e simulação de MRU por meio de recurso computacional, utilizando o software Modellus.

Tempo previsto: aproximadamente 45 min

Dinâmica: O professor deverá levar os estudantes para o laboratório de informática, onde em duas ou trios, terão acesso ao software Modellus.

Neste momento os estudantes abrirão uma simulação, já previamente elaborada pelo professor, como mostra a Figura 58.

Figura 3 - Simulação entregue aos estudantes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Ao receberem a simulação, os estudantes serão orientados a alterarem os parâmetros das funções horária de cada carro, afim de que não saiam todos da mesma posição (largada), mas, por exemplo:

Carro 1 sair da posição 0

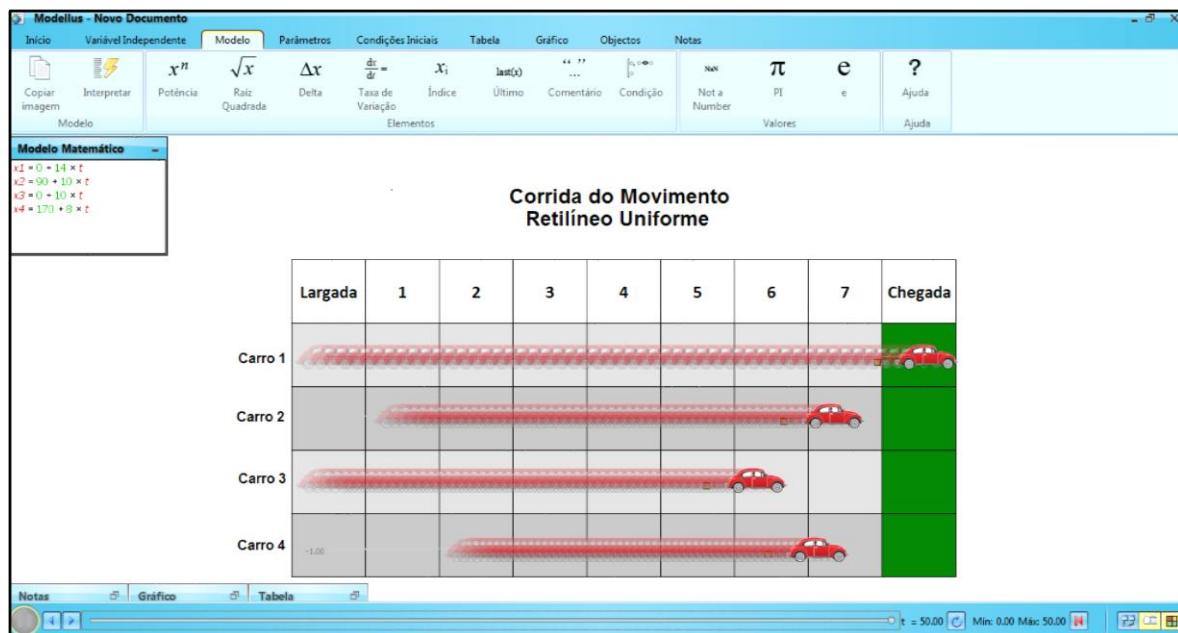
Carro 2 sair da posição 1

Carro 3 sair da posição 0

Carro 4 sair da posição 2

E ainda, mesmo o carro 1 saindo atrás dos outros, ele deverá ganhar a corrida, como mostra a Figura 59.

Figura 4 - Alteração dos parâmetros das funções horária



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Os estudantes deverão, em seus “Diários de Bordo”, registrar os procedimentos adotados para a solução do desafio.

Como um último desafio, o professor poderá solicitar aos estudantes que, via manipulação das equações, façam com que o carro 3 inicie seu movimento na posição “Chegada” e termine seu movimento na posição “Largada”, ou seja, somente o carro 3 deslocará no sentido contrário aos outros. Neste momento o professor poderá conceituar movimento progressivo e movimento retrógrado.

3. Atividade Didática de Modelização 02

ADM-02

Descendo a ladeira!

A Atividade Didática de Modelização ADM-02 focará no estudo de movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV).

Para esta Atividade Didática de Modelização, propomos os seguintes objetivos de ensino:

1. Diferenciar movimento retilíneo uniforme de movimento retilíneo uniformemente variado
2. Definir aceleração;
3. Verificar por meio da experimentação a variação da velocidade no movimento do carrinho;
4. Verificar por meio de recurso computacional (utilizando o software Tracker) a função de 2º grau da posição *versus* tempo do movimento do carrinho;
5. Verificar por meio de recurso computacional (utilizando o software Tracker) a função de 1º grau da velocidade *versus* tempo do movimento do carrinho;
6. Modelizar funções e simular movimento uniformemente variado por meio de recurso computacional, utilizando o software Modellus;

Para atender aos propósitos estabelecidos, organizamos a atividade em seis momentos.

Tendo como base para o desenvolvimento esta Atividade Didática de Modelização os Ciclos de Modelagem de David Hestenes, e como já explicitamos, os Ciclos de Modelagem de Hestenes possuem dois estágios (Desenvolvimento do modelo e Implementação do modelo), sendo que o primeiro estágio é subdividido em três fases (*Discussão pré-laboratorial*, *Investigação* e *Discussão pós-laboratorial*). O Quadro 29 demonstra onde cada um dos seis momentos da Atividade Didática de Modelização aqui desenvolvida, se encaixa na teoria dos Ciclos de Modelagem de Hestenes.

Quadro 2 - Fases do Ciclo de modelagem nos momentos da ADM

Estágio	Fase	Momento
Desenvolvimento do Modelo	Discussão pré-laboratorial	<i>Momento I</i>
	Investigação	<i>Momentos II ao V</i>
	<i>Discussão pós-laboratorial</i>	<i>Momentos II ao V</i>
Implementação do modelo		<i>Momento VI</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

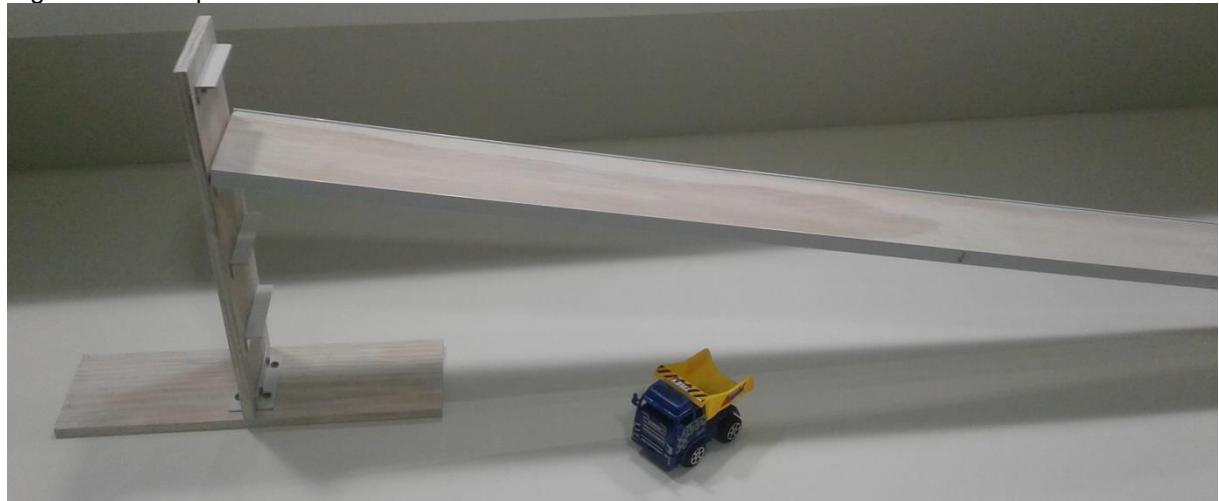
Momento I

Diferenciação entre movimento retilíneo uniforme (MRU) e movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)

Tempo previsto: aproximadamente 30 min

Dinâmica: Para iniciar a discussão, o professor deverá posicionar sua mesa no centro da sala e dispor nela o kit experimental, mostrado na Figura 60. O kit experimental é composto por um plano com inclinação variável e um carrinho simples, o plano conta com quatro possibilidade de inclinação.

Figura 5 - Kit experimental a ser utilizado na ADM-02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Disposto o plano inclinado, o professor deverá soltar o carrinho do ponto mais alto da trajetória, permitindo-o deslocar-se ao longo do plano. Após repetido esse procedimento, os estudantes deverão ser provocados com o seguinte desafio:

Destaque as características deste movimento, que você julga importante.

O professor deverá anotar no quadro as características observadas/evidenciadas pelos estudantes.

Destacamos aqui algumas possíveis características possíveis:

- Movimento se dá em linha reta;
- O movimento se dá somente numa única direção;
- A velocidade está mudando;
- O carrinho passa por várias posições;
- As posições somente aumentam.

Outro questionamento possível poderia ser:

Qual é a velocidade do carrinho?

Possivelmente alguns estudantes irão questionar: “Em que momento do movimento?”

Se isso não ocorrer, e houver alguma resposta, como: “A velocidade do carrinho é 5 m/s”, ou algo do tipo, o professor deverá conduzir os estudantes a observar que na realidade a velocidade neste movimento está aumentando a cada instante, terminando com o seguinte questionamento:

Este movimento observado, do carrinho, é um movimento uniforme ou um movimento variado? Por quê?

Neste momento o professor deverá chamar a atenção que neste caso, se quisermos calcular a velocidade do carrinho num determinado ponto da trajetória, não podemos simplesmente utilizar a razão entre a distância percorrida e o tempo gasto.

Outro desafio poderia ser feito para os estudantes:

Você poderia prever qual a posição e a velocidade do carrinho após 0,5s, 1s e 15s de movimento, quando a rampa está na posição 1? E na posição 4?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Momento II

Verificação experimental da variação da velocidade no movimento do carrinho, definição aceleração e com auxílio do software Tracker e Excel.

Tempo previsto: aproximadamente 30 min

Neste momento devemos realizar o procedimento experimental, que consiste na determinação da função velocidade, por meio da filmagem e posterior análise, utilizando do software Traker, para as quatro inclinações como mostra a Figura 61 e a Figura 62.

Figura 6 - Inclinação posição 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

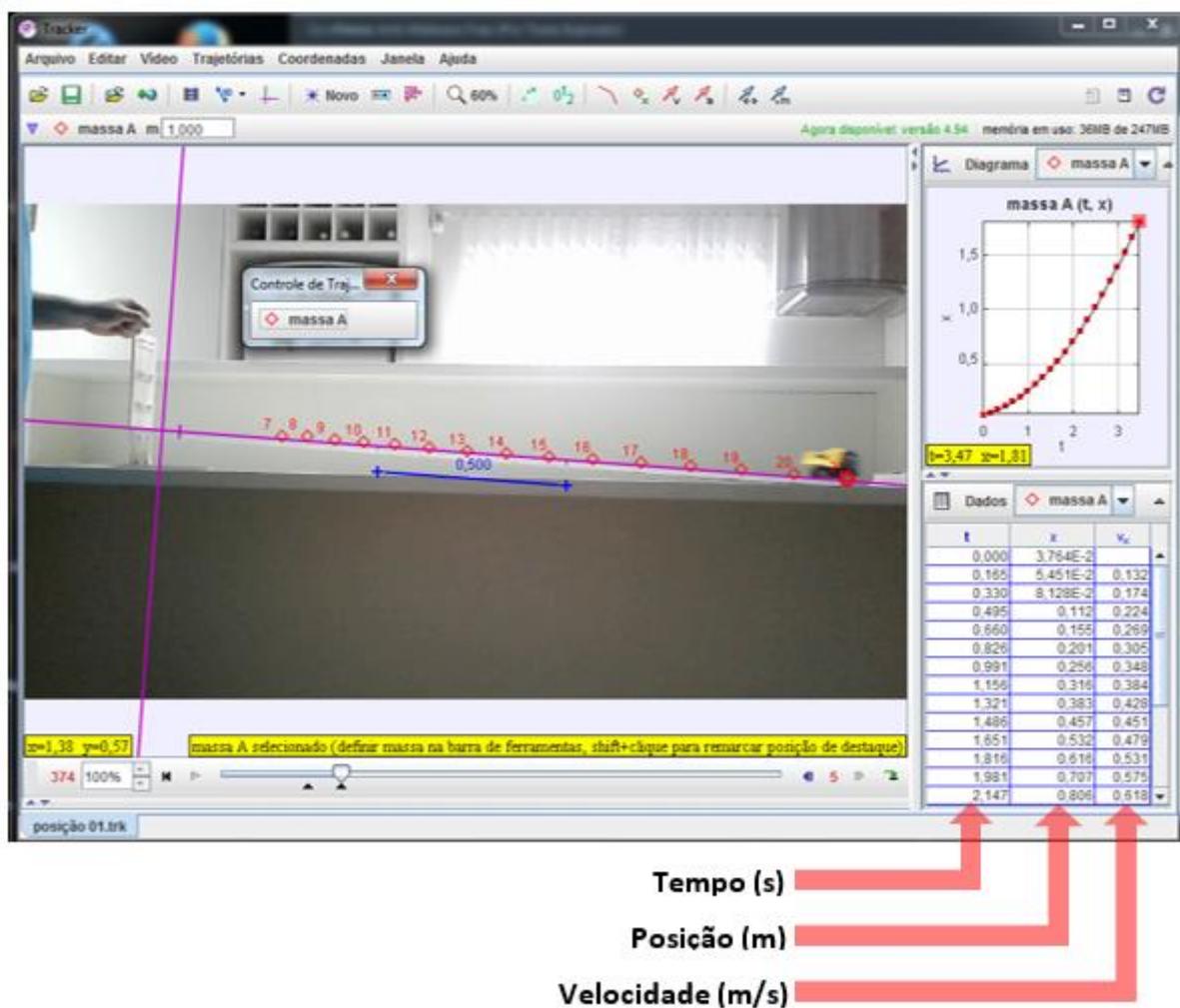
Figura 7 - Inclinação posição 04



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Após a filmagem do movimento, com o auxílio do software Tracker, pode-se obter os dados de tempo, posição e velocidade do movimento, ilustra a Figura 63.

Figura 8 - Obtenção dos dados via software Tracker



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A partir desses dados, utilizando o software Excel, será montado uma planilha, como mostrado na Figura 64.

Figura 9 - Planilha eletrônica com os dados experimentais

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Tempo (s)	Variação do Tempo (s)	Posição (m)	Variação de Posição (m)	Velocidade (m/s)	Variação da Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
2								
3		0,000		0,038				
4		0,165		0,055		0,132		
5		0,330		0,081		0,174		
6		0,495		0,112		0,224		
7		0,660		0,155		0,269		
8		0,826		0,201		0,305		
9		0,991		0,256		0,348		
10		1,156		0,316		0,384		
11		1,321		0,383		0,428		
12		1,486		0,457		0,451		
13		1,651		0,532		0,479		
14		1,816		0,616		0,531		
15		1,981		0,707		0,575		
16		2,147		0,806		0,618		
17		2,312		0,911		0,653		
18		2,477		1,021		0,689		
19		2,642		1,139		0,741		
20		2,807		1,266		0,777		
21		2,972		1,395		0,798		
22		3,137		1,530		0,828		
23		3,302		1,669		0,851		
24		3,468		1,810				
25								
26								
27				Média				
28								

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A coluna B, a coluna D e a coluna F da tabela, obtém-se via Tracker. Já a obtenção dos dados da coluna C, E, G e H é feita através da inserção de fórmulas via Excel.

Na célula C4, deve-se inserir a seguinte fórmula “=(B5-B4)” e posteriormente replicar para toda a coluna C, essa procedimento deixará claro ao estudante que o intervalo de tempo da coleta dos dados é constante.

Na célula F5, deve-se inserir a seguinte fórmula “=(E6-E5)” e posteriormente replicar para toda a coluna F, esse procedimento deixará claro ao estudante que a variação da velocidade é praticamente constante.

Consequentemente a taxa de variação da velocidade em função do tempo é constante, e é nesse momento que o professor deverá preencher a coluna G, inserindo a seguinte fórmula na célula G5 “=(F5/C5), enfatizando que essa razão é definida como aceleração do movimento.

Feito os procedimentos acima descritos, obteremos os seguintes dados, como mostra o Quadro 30:

Quadro 3 - Dados gerados em planilha eletrônica

Tempo (s)	Variação do Tempo (s)	Posição (m)	Variação de Posição (m)	Velocida de (m/s)	Variação da Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
0,000	0,165	0,038				
0,165	0,165	0,055	0,017	0,132	0,042	0,256
0,330	0,165	0,081	0,027	0,174	0,050	0,303
0,495	0,165	0,112	0,031	0,224	0,045	0,272
0,660	0,165	0,155	0,043	0,269	0,036	0,216
0,826	0,165	0,201	0,046	0,305	0,043	0,263
0,991	0,165	0,256	0,055	0,348	0,036	0,215
1,156	0,165	0,316	0,060	0,384	0,044	0,266
1,321	0,165	0,383	0,067	0,428	0,023	0,141
1,486	0,165	0,457	0,074	0,451	0,028	0,172
1,651	0,165	0,532	0,074	0,479	0,051	0,310
1,816	0,165	0,616	0,084	0,531	0,044	0,269
1,981	0,165	0,707	0,091	0,575	0,043	0,259
2,147	0,165	0,806	0,099	0,618	0,036	0,216
2,312	0,165	0,911	0,105	0,653	0,036	0,218
2,477	0,165	1,021	0,110	0,689	0,051	0,310
2,642	0,165	1,139	0,117	0,741	0,036	0,219
2,807	0,165	1,266	0,127	0,777	0,022	0,131

2,972	0,165	1,395	0,129	0,798	0,030	0,181
3,137	0,165	1,530	0,134	0,828	0,022	0,135
3,302	0,165	1,669	0,139	0,851		
3,468		1,810	0,142			
Média					0,038	0,229

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Neste momento o professor deverá chamar a atenção dos estudantes para como está variando alguns dados na tabela acima, como por exemplo:

- Na primeira coluna está sendo mostrado o tempo do movimento a partir do instante inicial.
- A segunda coluna, deixa claro que os dados foram obtidos em intervalos de tempos iguais.
- Na terceira coluna, observa-se as sucessivas posições ocupadas pelo carrinho no decorrer do movimento.
- A quarta coluna, temos que o carrinho percorre distâncias cada vez maiores no mesmo intervalo de tempo (coluna 2).
- A quinta coluna, confirma a quarta coluna, pois se o carrinho percorre distâncias cada vez maiores no mesmo intervalo de tempo, isso nos indica que a velocidade do carrinho está cada vez maior.
- Na sexta coluna, podemos verificar que esse aumento tende a ser de maneira igual, ou seja, constante.
- E na sétima coluna, temos que a razão entre a variação de velocidade (coluna seis) e a variação do tempo (coluna 2) tende a um valor constante e definimos a essa variação de aceleração do movimento.

Mudando-se a inclinação do plano inclinado, ou seja, apoiando-se a rampa na posição quadro, como mostra a Figura 65.

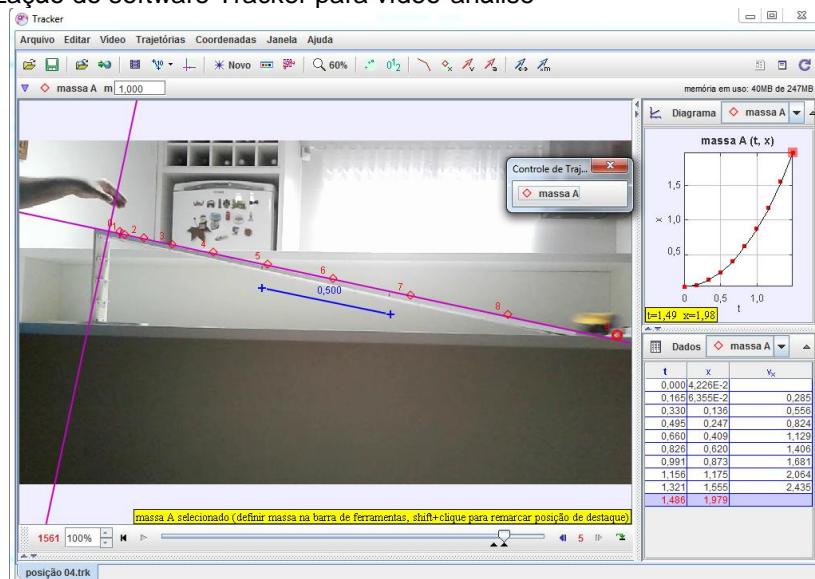
Figura 10 - Procedimento experimental utilizando a rampa na posição quadro



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

repete-se todo o procedimento anterior, filmagem (Figura 66), obtenção da planilha (Quadro 31) como é mostrado de forma sintetizada na sequência:

Figura 11 - Utilização do software Tracker para vídeo-análise



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Através do software Tracker obtém-se os dados de tempo, posição e velocidade, e utilizando a planilha de Excel obtém-se os demais dados contidos no Quadro 31.

Quadro 4 - Dados gerados em planilha eletrônica

Tempo (s)	Variação do Tempo (s)	Posição (m)	Variação de Posição (m)	Velocidade (m/s)	Variação da Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
0,000	0,165	0,042				
0,165	0,165	0,064	0,021	0,285	0,271	1,639
0,330	0,165	0,136	0,073	0,556	0,268	1,624
0,495	0,165	0,247	0,111	0,824	0,305	1,847
0,660	0,165	0,409	0,161	1,129	0,277	1,676
0,826	0,165	0,620	0,211	1,406	0,275	1,667
0,991	0,165	0,873	0,253	1,681	0,383	2,320
1,156	0,165	1,175	0,302	2,064	0,370	2,243
1,321	0,165	1,555	0,379	2,435		
1,486		1,979	0,425			
Média					0,307	1,859

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Novamente o professor deverá explicar o significado de cada coluna da tabela acima, como mencionado anteriormente, chamando a atenção que as velocidades atingidas na coluna 5 são maiores que do caso anterior, consequentemente a coluna 6 possui valores maiores de variação de velocidade, acarretando uma aceleração maior do movimento (coluna 7).

Momento III

Modelização do movimento uniformemente variado.

Tempo previsto: aproximadamente 30 min

Dinâmica:

De posse das tabelas, o professor deveria refazer a o desafio

Analisando as tabelas, você poderia prever qual a posição e a velocidade do carrinho após 1 s e 15s de movimento, quando a rampa está na posição 1? E na posição 4?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 10 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento IV

Modelização da função horária da posição e da função horária da velocidade para o movimento do carrinho.

Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica:

Ainda em grupos, os estudantes receberão mais um desafio do professor, que

Como você poderá expressar matematicamente, o raciocínio utilizado anteriormente?

será:

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 10 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento V

Verificação por meio de recurso computacional (utilizando o software Excel) a função de 2º grau da posição *versus* tempo do movimento do carrinho e a verificação por meio de recurso computacional (utilizando o software Excel) a função de 1º grau da velocidade *versus* tempo do movimento do carrinho.

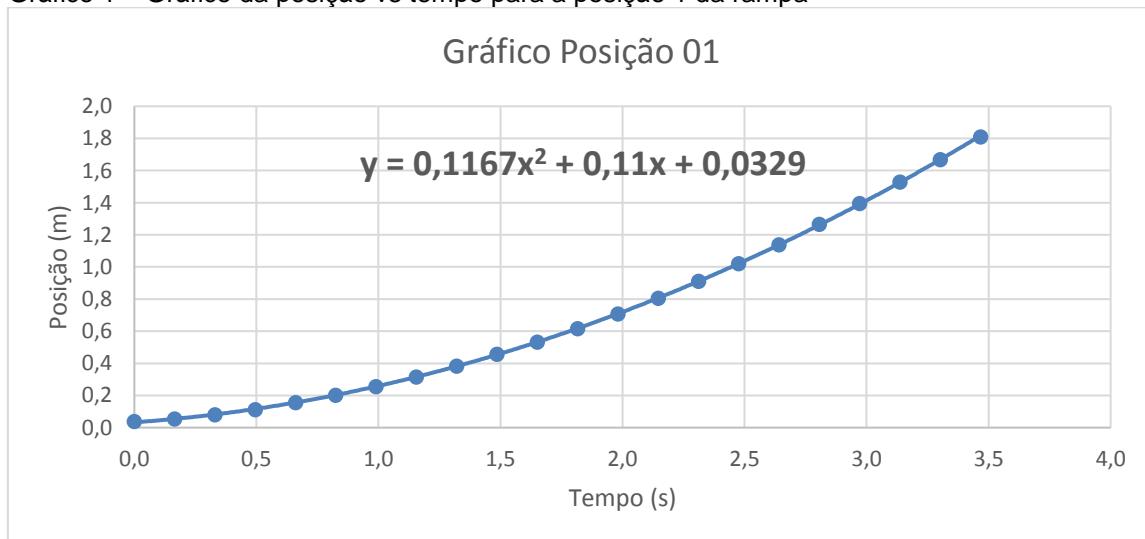
Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica:

A partir das tabelas, ainda no Excel, o professor deverá gerar dois gráficos: um relacionando a coluna tempo com a coluna posição (Gráfico 13 para posição 1 da rampa; e Gráfico 15 para a posição 4 da rampa) e outro relacionando a coluna tempo com a coluna velocidade (Gráfico 14 para posição 1 da rampa; e Gráfico 16 para a posição 4 da rampa), para cada posição da rampa. Juntamente com a geração dos gráficos, deve-se adicionar a linha de tendência para a obtenção da equação da curva, como ilustra os gráficos a seguir.

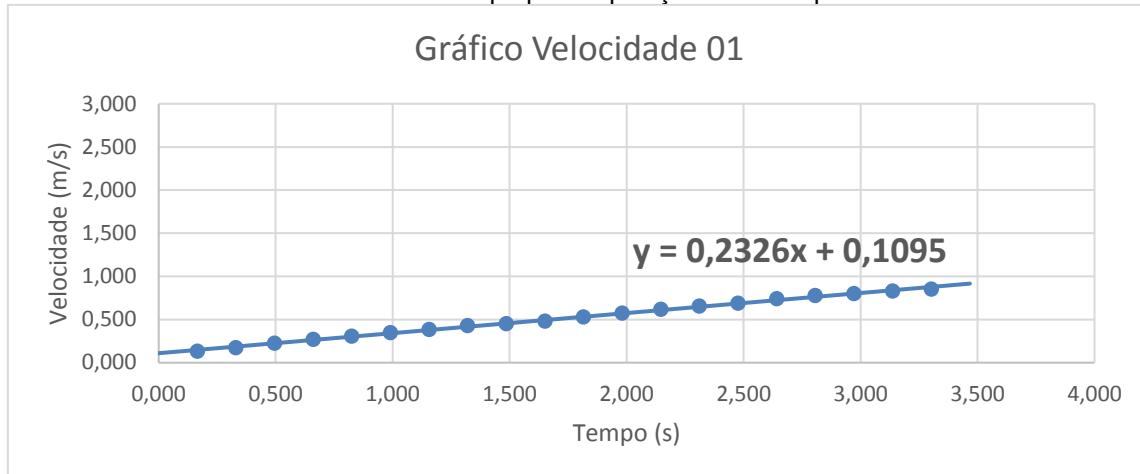
Para a posição 01:

Gráfico 1 – Gráfico da posição vs tempo para a posição 1 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Gráfico 2 – Gráfico da velocidade vs tempo para a posição 1 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Neste momento o professor deve chamar a atenção dos estudantes, que como a primeira equação que relaciona posição e tempo, as variáveis “y” e “x” da equação

$$y = 0,1167x^2 + 0,11x + 0,0329$$

podem ser renomeadas da seguinte maneira:

$$S = 0,1167 \cdot t^2 + 0,11 \cdot t + 0,0329$$

O mesmo acontece com a segunda equação que relaciona velocidade e tempo

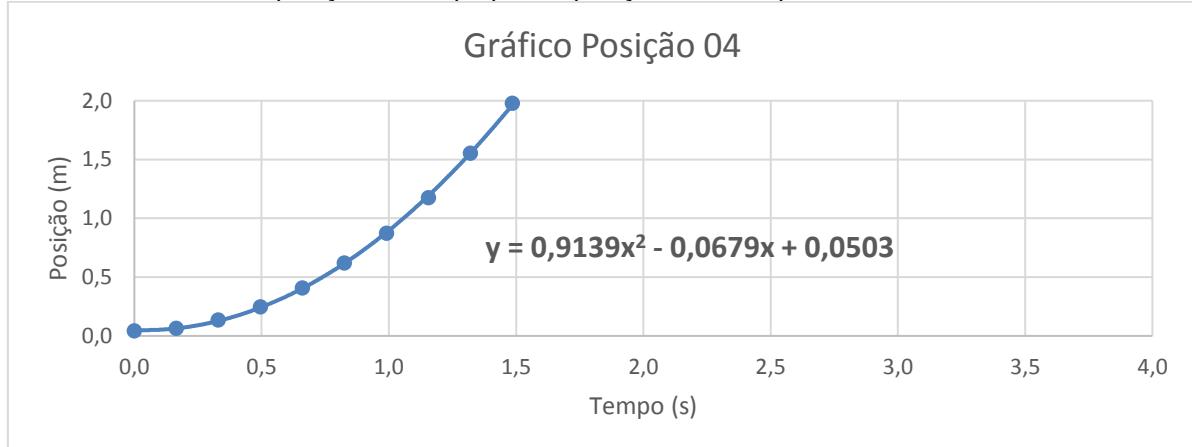
$$y = 0,2326x + 0,1095$$

passando a ser escrita como:

$$v = 0,2326 \cdot t + 0,1095$$

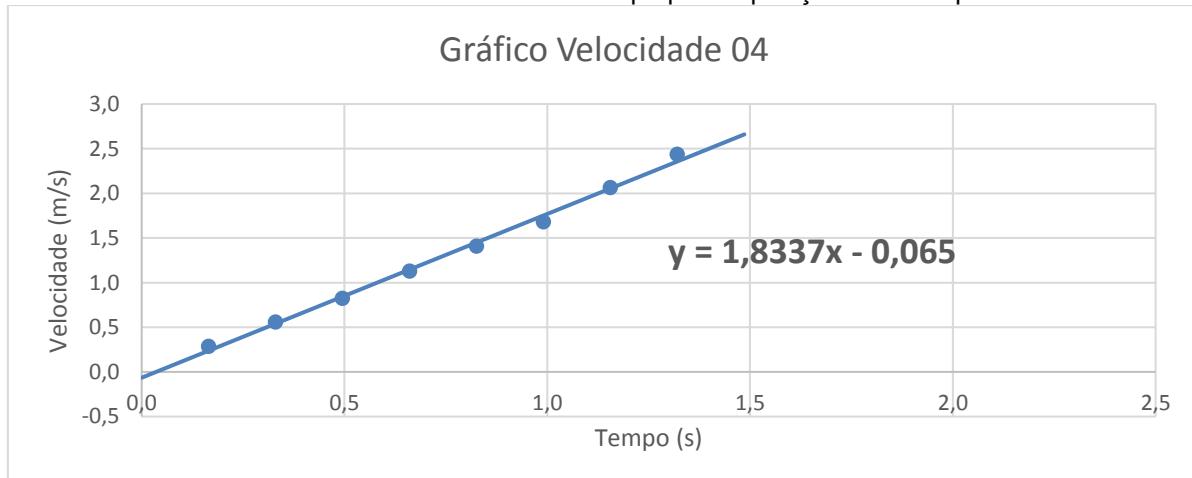
Para a posição 04:

Gráfico 3 – Gráfico da posição vs tempo para a posição 4 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Gráfico 4 - Gráfico 14 - Gráfico da velocidade vs tempo para a posição 4 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

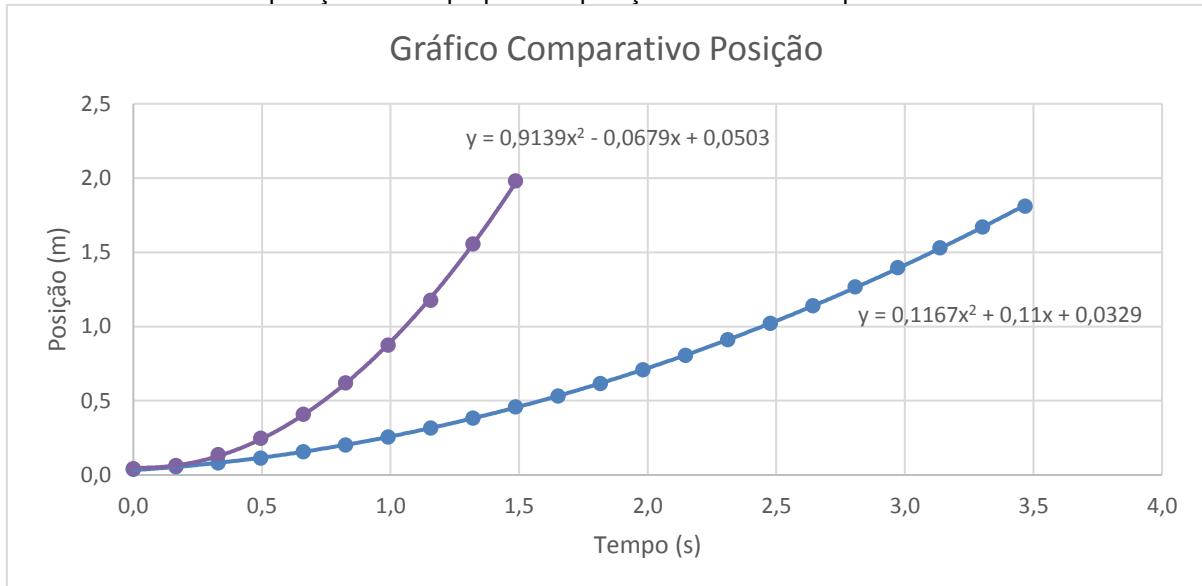
Reescrever as equações:

$$S = 0,9139 \cdot t^2 - 0,0679 \cdot t + 0,0503$$

$$v = 1,8337 \cdot t - 0,065$$

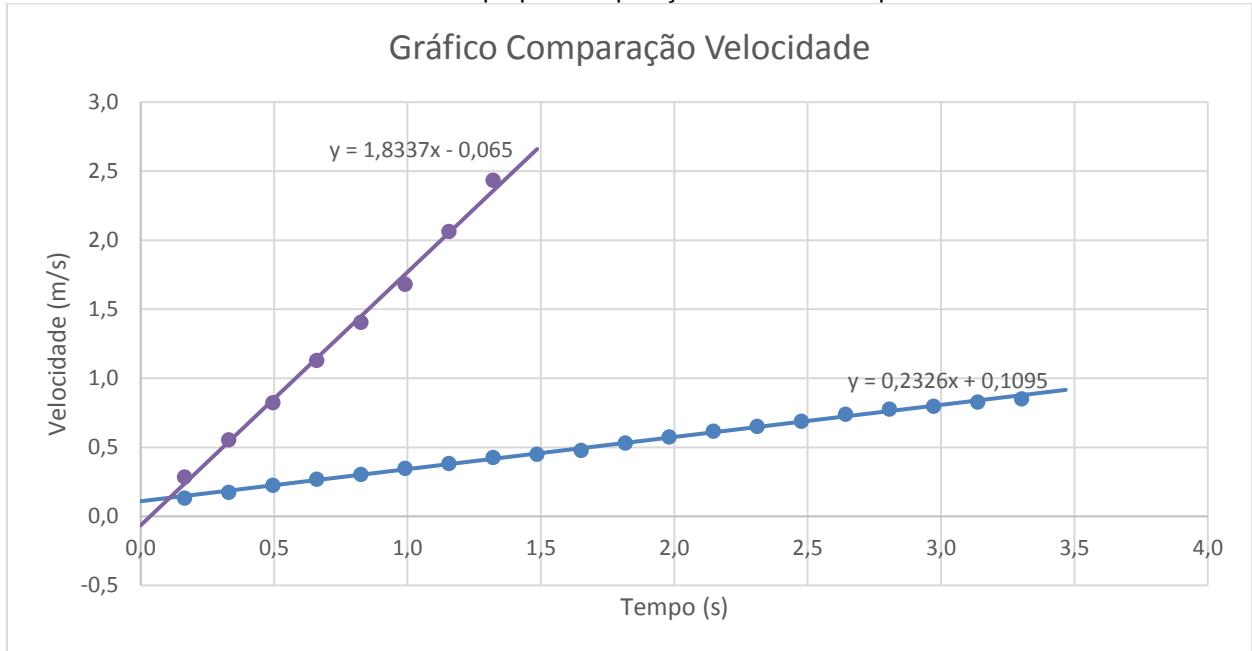
Finalizando este momento, o professor deverá um gráfico comparativo, tanto de posição, quanto de velocidade, como mostra o Gráfico 17 e Gráfico 18:

Gráfico 5 - Gráfico da posição vs tempo para as posições 1 e 4 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Gráfico 6 - Gráfico da velocidade vs tempo para as posições 1 e 4 da rampa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Neste momento o professor deverá chamar a atenção dos estudantes, para algumas diferenças entre os gráficos, no caso dos gráficos de velocidade, por exemplo, quanto maior a inclinação maior será a aceleração do movimento, dentre outras propriedades.

Momento IV

Modelização das funções de posição e de velocidade de um terminado movimento uniformemente variado e simular por meio de recurso computacional, utilizando o software Modellus, esses movimentos;

Tempo previsto: aproximadamente 30 min

Dinâmica:

O professor, neste momento, deverá desafiar a turma com a seguinte questão:

Como poderíamos escrever a equação de posição e a equação de velocidade para um movimento uniformemente variado qualquer?

Para tanto, o professor deverá chamar a atenção da turma para algumas “coincidências” entre dados da tabela e as constantes das equações, como por exemplo:

- Na posição 1

Tempo (s)	Variação do Tempo (s)	Variação da Posição (m)	Variação de Posição (m)	Velocidade (m/s)	Variação da Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
0,000	0,165	0,038		0,094		
0,165	0,165	0,055	0,017	0,132	0,042	0,256
0,330	0,165	0,081	0,027	0,174	0,050	0,303
0,495	0,165	0,112	0,031	0,224	0,045	0,272
0,660	0,165	0,155	0,043	0,269	0,036	0,216
0,826	0,165	0,201	0,046	0,305	0,043	0,263
0,991	0,165	0,256	0,055	0,348	0,036	0,215
1,156	0,165	0,316	0,060	0,384	0,044	0,266
1,321	0,165	0,383	0,067	0,428	0,023	0,141
1,486	0,165	0,457	0,074	0,451	0,028	0,172
1,651	0,165	0,532	0,074	0,479	0,051	0,310
1,816	0,165	0,616	0,084	0,531	0,044	0,269
1,981	0,165	0,707	0,091	0,575	0,043	0,259
2,147	0,165	0,806	0,099	0,618	0,036	0,216
2,312	0,165	0,911	0,105	0,653	0,036	0,218
2,477	0,165	1,021	0,110	0,689	0,051	0,310
2,642	0,165	1,139	0,117	0,741	0,036	0,219
2,807	0,165	1,266	0,127	0,777	0,022	0,131
2,972	0,165	1,395	0,129	0,798	0,030	0,181
3,137	0,165	1,530	0,134	0,828	0,022	0,135
3,302	0,165	1,669	0,139	0,851		
3,468		1,810	0,142			
Média				0,038	0,229	

$$S = 0,1167 \cdot t^2 + 0,11 \cdot t + 0,0329$$

2X

$$V = 0,2326 \cdot t + 0,1095$$

- Na posição 4

Tempo (s)	Variação do Tempo (s)	Posição (m)	Variação de Posição (m)	Velocidade (m/s)	Variação da Velocidade (m/s)	Aceleração (m/s ²)
0,000	0,165	0,042		-0,022		
0,165	0,165	0,064	0,021	0,285	0,271	1,639
0,330	0,165	0,136	0,073	0,556	0,268	1,624
0,495	0,165	0,247	0,111	0,824	0,305	1,847
0,660	0,165	0,409	0,161	1,129	0,277	1,676
0,826	0,165	0,620	0,211	1,406	0,275	1,667
0,991	0,165	0,873	0,253	1,681	0,383	2,320
1,156	0,165	1,175	0,302	2,064	0,370	2,243
1,321	0,165	1,555	0,379	2,435		
1,486		1,979	0,425			
Média				0,307	1,859	

$$S = 0,9139 \cdot t^2 - 0,0679 \cdot t + 0,0503$$

2X

$$v = 1,8337 \cdot t - 0,065$$

Momento VI

Implementação do modelo, utilizando o software Modellus.

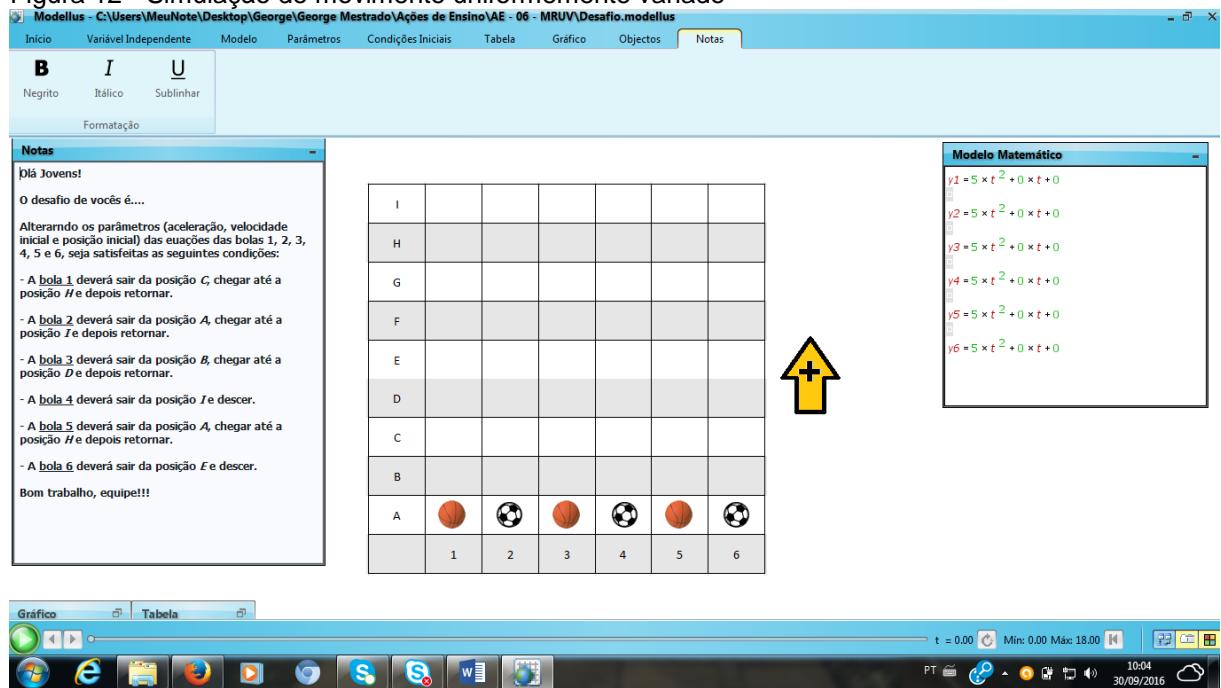
Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica:

O professor deverá levar os estudantes para o laboratório de informática, onde em duas ou trios, terão acesso ao software Modellus.

Neste momento os estudantes manipularão uma simulação, já previamente elaborada pelo professor, como mostra a Figura 67.

Figura 12 - Simulação de movimento uniformemente variado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

4. Atividade Didática de Modelização 03

ADM-03

No alvo!!!

A ADM-03 focará na modelização, via utilização de recursos experimentais, juntamente com a utilização de recursos computacionais (simulação), no estudo de movimento bidimensional (Lançamento Oblíquo). Esta atividade está sendo prevista para ser implementada em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, como forma de revisão, mas podendo adequar-se à programação curricular já definida pela escola/professor. A inovação está na forma como o estudo do movimento será abordado em sala de aula, isto é, o processo será centrado na modelização a partir da experimentação articulada com recursos computacionais (simulação), explorando o melhor de cada recurso.

Para esta atividade, propomos os seguintes objetivos de ensino:

1. Caracterizar movimento bidimensional;
2. Verificar por meio da experimentação a dependência do alcance com a velocidade e ângulo de lançamento;
3. Modelizar o tipo de movimento vertical e o tipo de movimento horizontal;
4. Verificar por meio de recurso computacional (utilizando o software Modellus) que o movimento na vertical é um MRUV e que o movimento na horizontal é um MRU;

Para atender aos propósitos estabelecidos, organizamos a atividade em quatro momentos.

Tendo como base para o desenvolvimento esta Atividade Didática de Modelização os Ciclos de Modelagem de David Hestenes, e como já explicitamos, os Ciclos de Modelagem de hestenes possuem dois estágios (Desenvolvimento do modelo e Implementação do modelo), sendo que o primeiro estágio é subdividido em três fases (*Discussão pré-laboratorial, Investigação e Discussão pós-laboratorial*). O Quadro 32 demonstra onde cada um dos seis momentos da Atividade Didática de

Modelização aqui desenvolvida, se encaixa na teoria dos Ciclos de Modelagem de Hestenes.

Quadro 5 - Fases do Ciclo de modelagem nos momentos da ADM

Estágio	Fase	Momento
Desenvolvimento do Modelo	Discussão pré-laboratorial	<i>Momento I</i>
	Investigação	<i>Momentos II e III</i>
	<i>Discussão pós-laboratorial</i>	<i>Momentos II e III</i>
Implementação do modelo		<i>Momento IV</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Momento I

Caracterização de um movimento bidimensional.

Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica: O professor deverá iniciar a aula fazendo um arremesso de uma bolinha de papel no cesto de lixo. Esse procedimento pode ser repetido por algumas vezes. Com isso, inicia-se uma discussão com os estudantes a respeito das características do movimento.

Após essa breve discussão o professor pode questionar os estudantes com a seguinte questão:

Esse tipo de movimento, onde mais podemos encontrar?

Acredita-se que surjam respostas do tipo:

- Futebol
- Lançamento de projéteis
- Voleibol

- Pingue-pongue
- Basquetebol
- Etc.

Momento II

Modelização do movimento oblíquo.

Tempo previsto: aproximadamente 15 min

Dinâmica: Os estudantes, em grupos, serão desafiados com a seguinte indagação:

Com base em seus conhecimentos já adquiridos, como você pode explicar esse tipo de movimento, o lançamento oblíquo?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 15 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

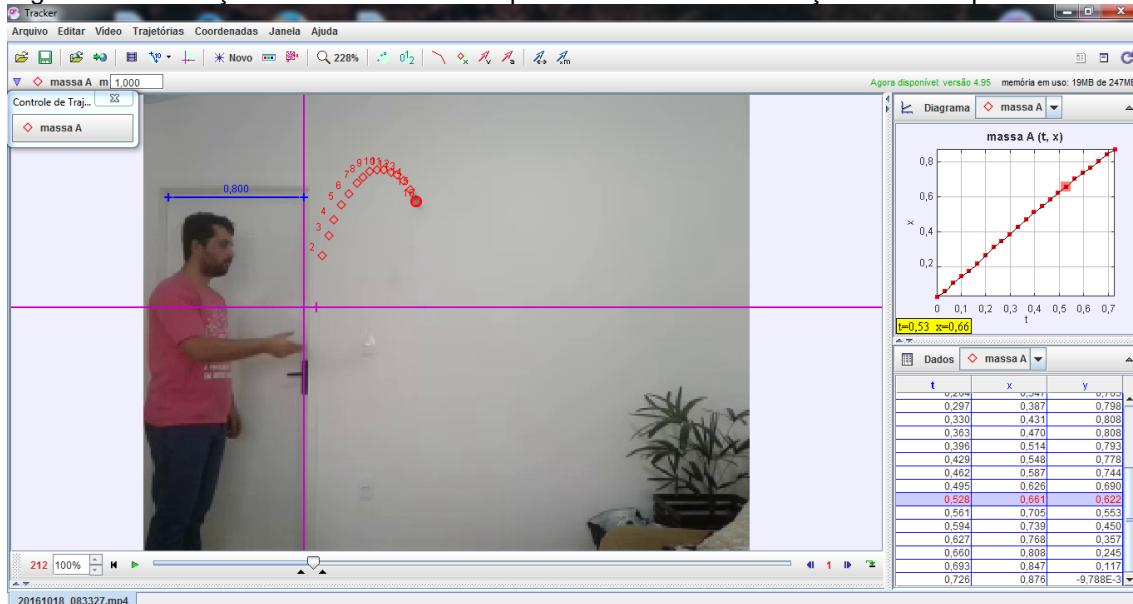
Momento III

Modelização do movimento oblíquo.

Tempo previsto: aproximadamente 20 min

Dinâmica: Os estudantes, em grupos, deverão ser convidados a realizar e filmar um lançamento, para análise no software Tracker, como mostra a Figura 68.

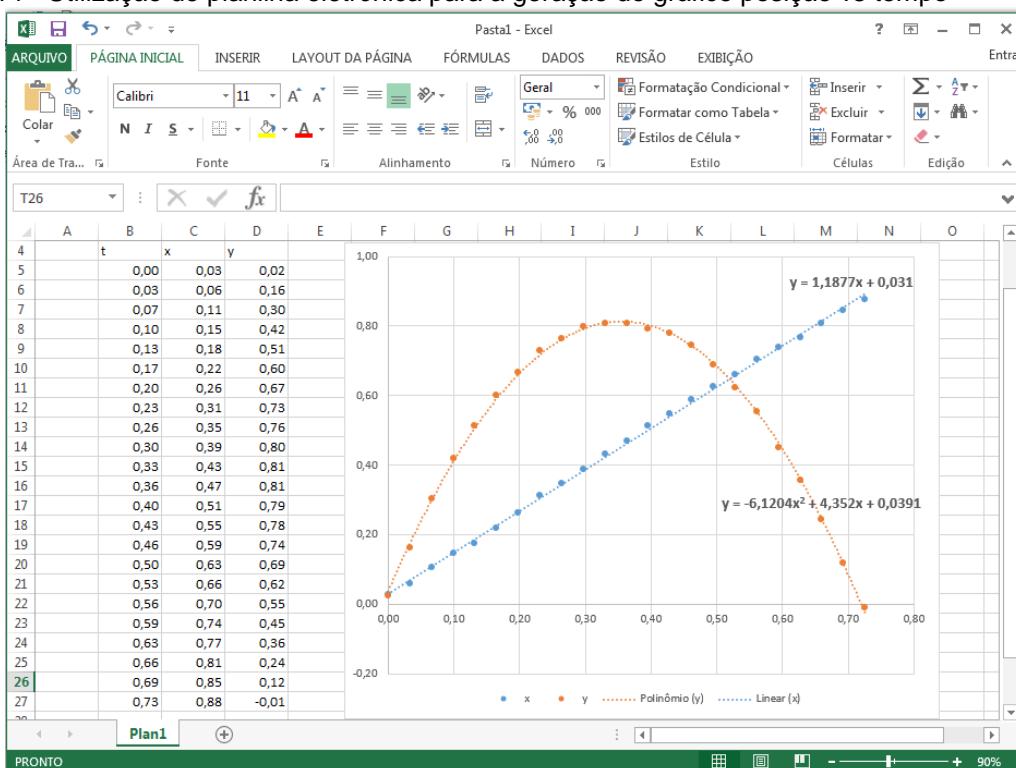
Figura 13 - Utilização do software Tracker para vídeo-análise do lançamento oblíquo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Após utilizado o Tracker, obtém-se uma tabela com o tempo, posição em “x” e a posição em “y”. De posse dessa tabela, utiliza-se o software Excel (tabela eletrônica) para a análise dos movimentos (na direção “x” e na direção “y”), como mostra a Figura 69.

Figura 14 - Utilização de planilha eletrônica para a geração do gráfico posição vs tempo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Após esse procedimento, volta-se ao questionamento anterior:

Com base em seus conhecimentos já adquiridos, e agora analisando a tabela e os gráficos, como você pode explicar esse tipo de movimento, o lançamento oblíquo?

Os estudantes deverão anotar seus raciocínios e conclusões em seus “Diários de Bordo”.

Após um determinado tempo de aproximadamente 15 min de discussão nos grupos, os estudantes deverão expressar de forma verbal para toda a turma, a estratégia adotada para a resolução do desafio.

Momento IV

Verificação por meio de recurso computacional (utilizando o software Modellus) do modelo recém elaborado (Implementação do modelo).

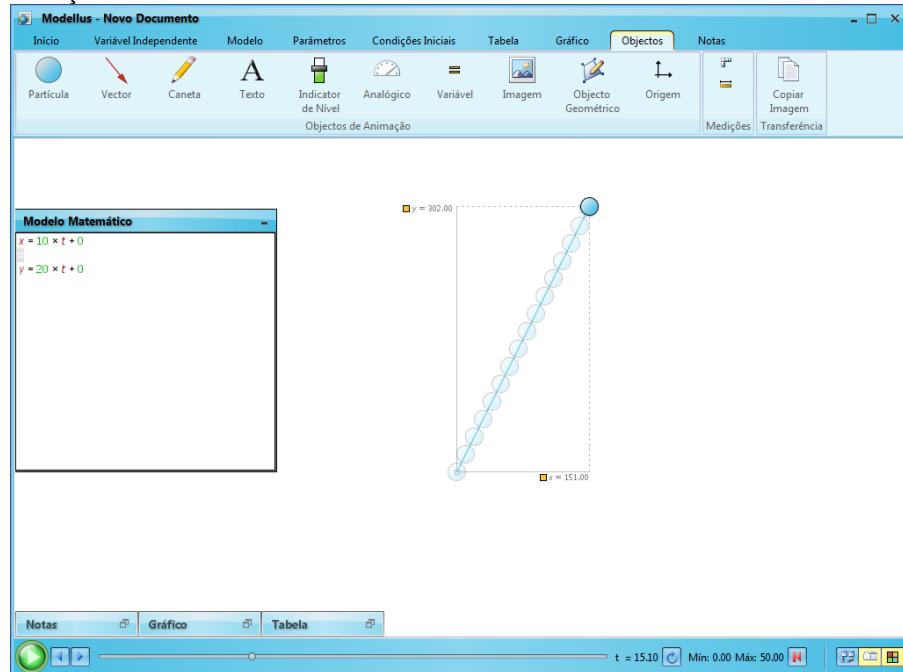
Tempo previsto: aproximadamente 15 min

Dinâmica: O professor deverá propor aos estudantes verificarem, no software Modellus, se seus modelos correspondem com a prática realizada anteriormente (jato d’água).

Para isso o professor deverá iniciar o software Modellus e demonstrar para a turma como se anima (introduz-se) uma partícula, em outras palavras, como se faz para que uma partícula execute um determinado movimento obedecendo uma terminada função matemática, na direção “x” e/ou na direção “y”.

Um exemplo que o professor poderá demonstrar é a animação de uma partícula deslocando-se na diagonal, como mostra a Figura 70.

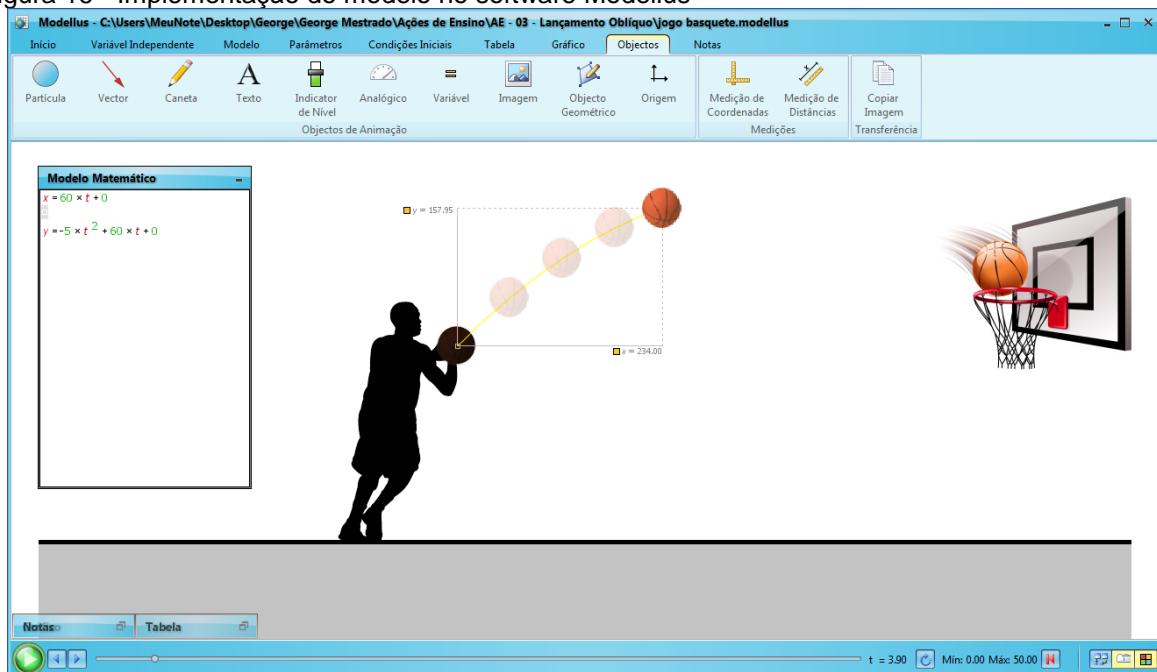
Figura 15 - Animação em 2D no software Modellus



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para a verificação (implementação) do modelo proposto, os estudantes receberão o desafio do basquetebol, que consiste em arremessar a bola e acertar na cesta, variando alguns parâmetros nas equações do movimento, como mostra a Figura 71.

Figura 16 - Implementação do modelo no software Modellus



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Referências

- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Tecnológica. *PCN+: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2002.
- HESTENES, D. Modeling theory for math and science education. In: LESH, R. et al. (Ed.), *Modeling student's mathematical modeling competencies* (pp. 13-42). New York: Springer, 2010.
- JACKSON, J.; DUKERICH, L.; HESTENES, D. Modeling Instruction: an effective model for Science Education. **Science Educator**, Indianapolis, v.17, n.1, p. 10-17, Jan. 2008.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.