

O Estudo do Movimento Retilíneo de Três Móveis a partir de Uma Atividade de Modelagem Computacional Exploratória: Uma Aplicação no Ensino Médio a Partir de Módulos Educacionais

The Study of Motion Rectilinear Three Mobile from a Computational Modeling Exploratory Activity: An Application From the School of Educational Modules

Rafael Rodrigues de Oliveira¹

Laércio Ferracioli²

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Programa Pós-Graduação Educação, rafaelfisica2000@yahoo.com.br

²Universidade Federal do Espírito Santo/Programa de Pós-Graduação em Educação/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, laercio.ufes@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de estudo que investigou o viés educacional das denominadas tecnologias de informação e comunicação, em especial do computador, a partir da perspectiva de integração da modelagem computacional a conteúdos de Física no Ensino Médio. Especificamente, foi investigado o estudo do movimento retilíneo de três móveis a partir de simulações computacionais por estudantes baseado em roteiro de atividades organizadas em um módulo educacional na perspectiva da modelagem exploratória. Os resultados mostraram que dos 94 (100%) estudantes que participaram da atividade, 72 (76,59%) conseguiram desenvolver as atividades propostas sobre o movimento dos corpos de forma integral, os outros 22 (23,41%) desenvolveram as atividades de forma parcial. Assim, esse estudo possibilitou estabelecer uma metodologia de trabalho com conteúdos de Física do Ensino Médio utilizando a modelagem computacional a qual será aplicada em estudos posteriores abordando outros temas de Física e Ciências em geral.

Palavras-Chave: Modelagem Computacional, Módulos Educacionais e Física

Abstract

This article presents results of a study aiming at investigating the bias of so-called information and communication technologies, especially the computer, from a perspective of integration of computer modelling of contents of Physics in High School. Strictly, we sought to investigate the study of rectilinear motion of three mobile from computer simulations performed by students from a roadmap of activities organized in an educational module from the perspective of exploratory modelling. The results revealed that 72 (76.59%) out 94 (100%) students who participated in the activity were able to develop the proposed activities on the motion of bodies thoroughly and the other 22 (23.41%) developed such activities partially. Thus, from this study, we could establish a methodology for working with the contents of physics in high school using computer modeling which will be applied in future studies addressing other issues of Physical Sciences in general.

Key words: Computer Modelling, Education Modules and Physics

² Apoio: CNPq; CAPES; FAPES; FACITEC-PMV-ES

Introdução e Referencial Teórico

Promover uma boa educação em ciências no ensino médio, muitas vezes, pode exigir do professor uma versatilidade metodológica que, em alguns casos, a modelagem computacional pode proporcionar. Segundo Li *et al*:

In education, computer modelling provides a particularly versatile and effective way for students to explore scientific theories as well as to articulate and formulate their own explanations to various natural phenomena. In others words, these exploratory and expressive activities allow participants to externalize thoughts as well as to interact with them. (Li *et al*, 2006, p 405)

Nesse contexto entende-se por educação em ciências os processos de ensino e os processos de aprendizagem que, muitas vezes, no contexto escolar, erroneamente são substituídos pelo jargão *ensino-aprendizagem*, o que ocasiona uma descaracterização de análises, aplicações e implicações de inovações educacionais relativas tanto ao ensino quanto à aprendizagem. Segundo Oliveira:

[...] a expressão processos de *ensino-aprendizagem* é utilizada de forma indiscriminada e independente do resultado de sua ação. Esse jargão educacional parece ser ambicioso na medida em que faz uma conseqüente ligação entre dois processos que não necessariamente ocorrem de forma paralela e simultânea que são o *ensino* e a *aprendizagem*. Em uma visão mais abrangente, essa expressão pode ser desdobrada e esses dois processos entendidos como independentes e que podem ser abordados de forma específica de acordo com sua caracterização. (Oliveira, 2006, p. 21)

Não se trata de fragmentar os processos escolares em dois estudos distintos e desconexos, o que se propõe é uma reflexão mais ampla desses dois processos, de forma a considerar que, *no processo de ensino o foco é no professor e no processo de aprendizagem o foco é no estudante* Ferracioli (1999).

Uma abordagem distinta vem sendo investigada no contexto educacional onde se considera de forma independente os processos de ensino e de aprendizagem, visando alcançar alternativas que permitam ao aluno uma maior independência em sua aprendizagem. *Essa abordagem é baseada na integração da modelagem computacional ao aprendizado de Ciências* Ferracioli (2004), o que sugere, portanto, uma maior ênfase no processo da aprendizagem e, conseqüentemente, um maior enfoque no estudante. O professor atua nesse processo como mediador entre o estudante e os modelos computacionais, proporcionando, quando necessário, a interlocução entre os mesmos.

Ambientes de Modelagem Computacional e as Perspectivas Educacionais

A modelagem aplicada à aprendizagem de tópicos específicos em ciência pode ser feita a partir da utilização de ambientes de modelagem computacional. Esses ambientes consistem em ferramentas computacionais que proporcionam aos estudantes a construção de modelos a partir de suas próprias concepções sobre um determinado fenômeno estudado ou mesmo a exploração de modelos já construídos por especialistas sobre esse mesmo fenômeno. Assim, tais ferramentas computacionais estão inseridas em uma proposta educacional para sua infusão em atividades de conteúdo específico.

Uma classificação desses ambientes é baseada no raciocínio empregado na construção dos modelos, podendo ser: **Ambientes de Modelagem Quantitativos**, que seriam *ambientes que enfocam o cálculo de valores de variáveis dependentes através de suas relações algébricas* (MULINARI, 2006), também denominados de ambientes de modelagem matemática; **Ambientes de Modelagem Semiquantitativa**, que correspondem a *ambientes que enfocam o entendimento de relações causais entre os elementos do sistema e a análise do efeito nessas relações – acréscimo e decréscimo – mas não no conhecimento dos valores numéricos das relações algébricas* (MARINS, 2009) e; **Ambientes de Modelagem**

Qualitativos, onde os modelos são construídos sem a especificação de variáveis, relações algébricas ou quantidades, mas pela especificação dos seus constituintes básicos e das regras que determinam seus comportamentos (FEHSENFELD, 2010).

Para a investigação da modelagem computacional no contexto educacional é possível utilizar duas propostas de atividade: **Atividade Expressiva**, onde o estudante é levado a construir seu próprio modelo a partir de suas concepções sobre um fenômeno ou sistema (CAMILETTI, 2001) e **Atividade Exploratória**, onde o estudante é levado a explorar um modelo previamente construído por um professor ou especialista sobre um determinado fenômeno (CAMILETTI, 2001).

Sendo assim, os ambientes de modelagem computacional são utilizados tanto de acordo com a forma de raciocínio empregada quanto conforme a perspectiva de construção ou exploração dos modelos dos fenômenos a serem abordados.

Descrição do Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativa ModeLab²

O Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativa ModeLab², cujo layout é apresentado na Figura 01, pode ser entendido a partir de Gomes:

[...] após a finalização dos trabalhos de (GOMES, 2003) e (CITAÇÃO DO AUTOR) sobre o ambiente WorldMaker, os resultados forneceram subsídios para o desenvolvimento de um novo ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo baseado na mesma metáfora de “objetos e eventos”: o ModeLab² acrônimo de **Modelling Laboratory 2D**. (GOMES, 2008 p. 32)

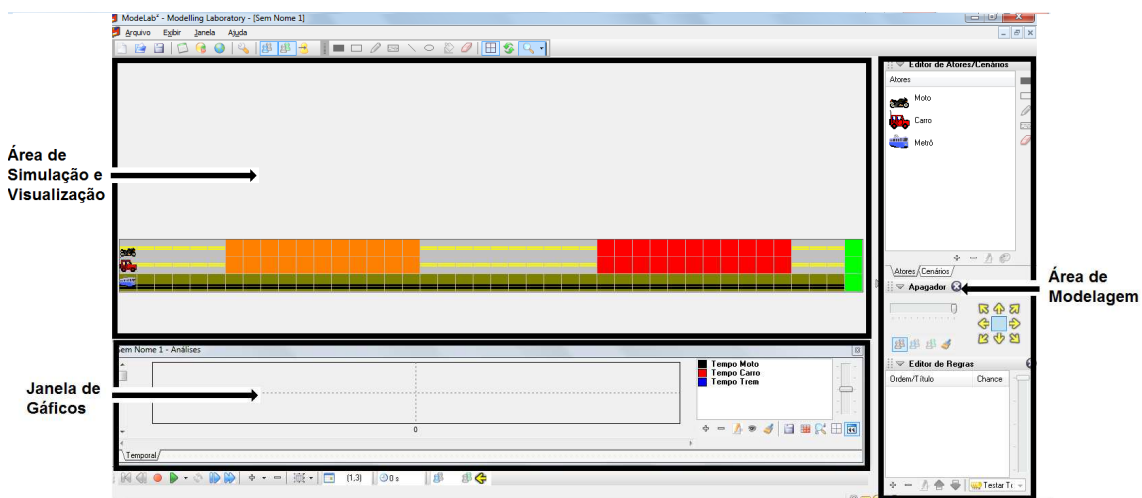


Figura 01: Layout do Ambiente ModeLab²

Para construir um modelo no Ambiente ModeLab² é necessário especificar quais objetos serão usados para representar o sistema em questão. Nesse ambiente, existem dois tipos de elementos: *Atores* e *Cenários*. Os *Atores* representam todos os elementos que podem se mover. Por outro lado, os *Cenários* representam os locais onde os *Atores* podem se mover. Por definição, no ModeLab², uma célula pode ser preenchida apenas por um *Ator* e um *Cenário* ao mesmo tempo. Dessa forma, dois elementos do mesmo tipo não podem ocupar a mesma célula ao mesmo tempo. Por fim, após a especificação dos *Atores* e *Cenários* que vão compor o modelo, é necessário construir as *Regras* desses elementos para compor os *Eventos* que ocorrem no modelo. De posse dessas informações os modelos podem ser construídos e simulados.

Dessa forma, a partir da Figura 01 é possível observar que a **Área de Simulação e Visualização** é o local onde *Atores* e *Cenários* são dispostos para interagirem entre si,

possibilitando assim, a visualização do comportamento do modelo como um todo; a **Janela de Gráficos** é o local onde se pode observar graficamente o que acontece na área de simulação e visualização; e a **Área de Modelagem** é o local onde se constrói a estrutura do modelo em seus elementos de modelagem, *Atores*, *Cenários* e as *Regras* que fazem a interação entre os dois primeiros elementos citados. É neste local que é acionado a *Janela de Edição de Regras* do ModeLab², onde as regras podem ser construídas, conforme exemplificado na Figura 02.



Figura 02: Exemplo de Regra Construído na Janela de Edição de Regras do ModeLab²

O Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativa ModeLab² permite construir modelos de forma icônica apenas utilizando o mouse. Na próxima seção será descrito o modelo trabalhado, em sala de aula, nesse estudo.

Exemplar de Construção de Modelo no Ambiente ModeLab²: Descrição do Modelo Utilizado no Experimento

O modelo utilizado nesse estudo é denominado *Modelo de Velocidade Média* e sua função é simular, simultaneamente, dois Movimentos Retilíneos Variados (MRV's) de uma Moto e um Carro e um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) de um Trem. O ponto de partida para essa proposta foi à *construção de um modelo sobre a determinação da velocidade média em um percurso utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativa ModeLab² com Atividades Exploratórias em uma abordagem experimental* (CITAÇÃO DO AUTOR).

Como foi descrito na seção anterior, para se construir um modelo no ModeLab² é necessário, em primeiro lugar, definir *Atores* e *Cenários* do mesmo. Para a construção desse modelo, especificamente, foram utilizados **3 Atores** – *Moto*, *Carro* e *Metrô* – e **5 Cenários** - *Chegada*, *Estrada*, *Trilhos*, *Trânsito Intenso* e *Engarrafamento* – tanto os *Atores*, quanto os *Cenários* são mostrados na Figura 03.



Figura 03: Atores e Cenários do Modelo de Velocidade Média

A partir das definições dos *Atores* e *Cenários*, o segundo passo foi construir as regras de interação entre eles. Para esse modelo, foram construídas um total de **7 Regras**, sendo **3 Regras de Movimento** para o ator **Moto** com diferentes probabilidades de ocorrência; **3 Regras de Movimento** para o ator **Carro**, também, com diferentes probabilidades de ocorrência e **1 Regra de Movimento** para o Ator **Metrô**. Não houve construção de regras para os *Cenários* do modelo. A necessidade de se construir três regras de movimento tanto para a Moto quanto para Carro, com diferentes probabilidades de ocorrência, advém do fato deles se deslocarem por três caminhos diferentes: pela *Estrada* - *100% de ocorrência da regra para ambos os móveis*, pelo *Trânsito Intenso* - *80% de ocorrência para a Moto e 50% para o Carro*, pelo *Engarrafamento* - *60% de ocorrência para a Moto e 30% para o Carro*, simulando assim, um comportamento próximo do real, desses dois móveis em trechos urbanos de trânsito livre, intenso e engarrafado respectivamente. Por outro lado, o trem de Metrô possui apenas uma regra de movimento, que é nos *Trilhos* - *100% de probabilidade de*

ocorrência. Dessa forma, esse móvel se desloca sempre com velocidade constante pelos trilhos, simulando também um comportamento próximo do real.

Os três móveis se deslocam por um trecho retilíneo de 40 unidades de comprimento, que podem ser medidos em cm, m, Km entre outros. Cada um deles percorre esse mesmo trecho em tempos distintos e esses tempos podem ser acompanhados através de saídas gráficas geradas pelo Ambiente ModeLab² ao final de cada simulação. A Figura 04 ilustra quatro momentos distintos de uma simulação, na última figura desta seqüência, é possível observar que a Moto, o Carro e o Metrô percorreram as 40 unidades de comprimento em aproximadamente: 53, 76 e 38 segundos respectivamente.

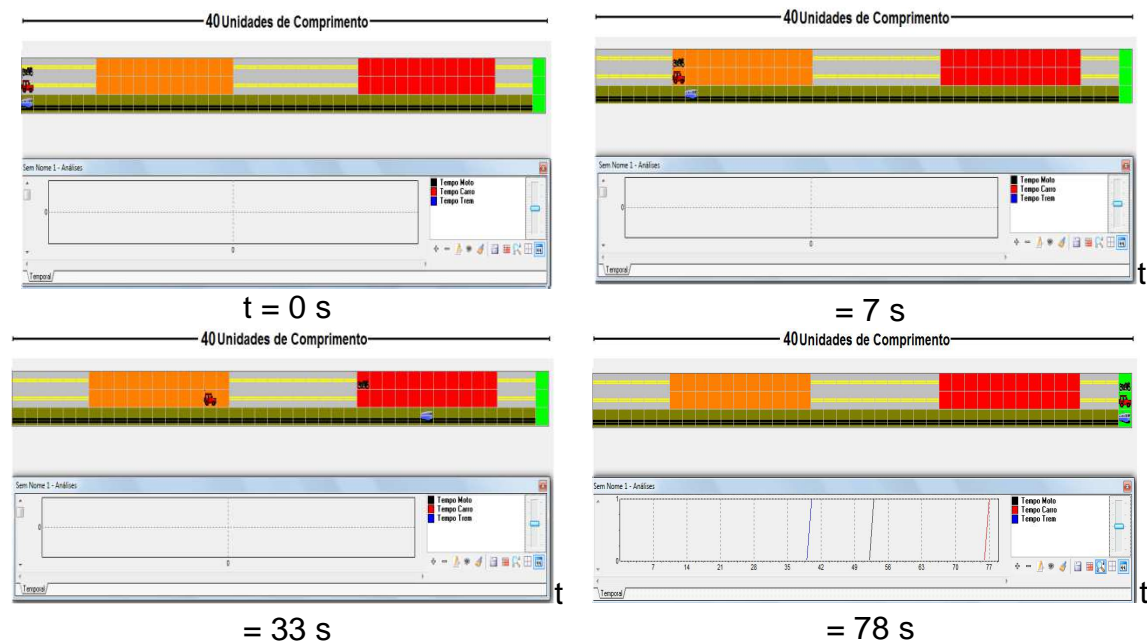


Figura 04: Simulação do Movimento dos três Móveis e seus os Respectivos Tempos

Concepção do Estudo

Esse *Estudo Piloto* teve o objetivo de testar materiais e métodos previamente desenvolvidos para o desenvolvimento de um *Estudo Principal* que será baseado nos resultados aqui apresentados visando promover a investigação da integração da modelagem computacional no ensino de Física do Ensino Médio. Dessa forma, este artigo responderá a seguinte questão básica de pesquisa:

A estruturação desse estudo piloto foi capaz de integrar Modelo Computacional e Roteiro de Atividades para que os estudantes desenvolvessem as atividades propostas?

Estruturação do Estudo Piloto

O estudo foi estruturado a partir de Módulos Educacionais que podem ser compreendidos como *um material a ser utilizado no estudo de um determinado fenômeno, estruturado em três níveis: objetivo, conteúdo instrucional e prática & avaliação* Ferracioli (2004). O *Objetivo* visa promover o entendimento e aprofundamento de um determinado fenômeno a partir de determinado recurso, como um ambiente de modelagem computacional, um site ou uma mídia. O *Conteúdo Instrucional* consiste em uma abordagem teórica e experimental sobre um determinado fenômeno. A *Prática & Avaliação* consiste na utilização de um recurso para o desenvolvimento das atividades experimentais através de um roteiro contendo o detalhamento das atividades e perguntas sobre o que foi desenvolvido. Na próxima seção será descrito o módulo educacional desse estudo piloto.

O Módulo Educacional

O módulo educacional desenvolvido para o experimento foi estruturado da seguinte forma: **Modelo Computacional** descrito anteriormente, desenvolvido no ModeLab², que visou promover o entendimento sobre conceitos de movimento dos corpos dando uma maior ênfase no conceito de velocidade média, cumprindo assim o **Objetivo** do Módulo Educacional; **Roteiro de Atividades**, visou promover uma abordagem teórica e prática bem como produzir dados a partir das simulações computacionais, para respostas de questionário previamente estabelecido cumprindo assim as etapas de **Conteúdo Instrucional** e **Prática & Avaliação** do Módulo Educacional.

O Roteiro de Atividades foi estruturado em quatro seções: **Introdução**, onde são apresentados o assunto e os conceitos a serem estudados; **Apresentação do Modelo Computacional**, que apresenta o ambiente e o modelo que os estudantes irão explorar; **Problematização**, onde se contextualiza o assunto estudado com exemplos do cotidiano e, por fim, **Explorando o Modelo**, seção onde o aluno explorará o modelo a partir de uma metodologia previamente estabelecida no material. Esta última seção, **Explorando o Modelo**, foi construída adaptando-se a metodologia dos nove *Passos de Construção de Modelos (PCM's)* Oliveira (2006), utilizada em atividades de modelagem computacional expressiva, para quatro *Passos de Exploração de Modelos (PEM's)*, assim definidos, nesse estudo piloto, a partir da perspectiva do desenvolvimento da modelagem computacional através de atividade exploratória. Os Passos de Exploração de Modelos são:

1º Passo: Definição do Assunto a ser Estudado – **PEM1**;

2º Passo: Definição dos Conceitos Estudados dentro do Assunto – **PEM2**;

3º Passo: Simulações – **PEM3**;

4º Passo: Análise dos Resultados das Simulações – **PEM4**;

É importante ressaltar, ainda, que os Passos de Exploração de Modelos (PEM's) têm o objetivo de conduzir os estudantes a refletir sobre o fenômeno abordado além de orientá-los durante a exploração e coleta de dados realizada através das atividades de modelagem computacional, além de servir como base de dados para posterior investigação desses processos. A Figura 05 mostra um exemplar de roteiro de atividades utilizado e preenchido nesse experimento.

The figure shows three pages of a student's activity guide. The first page is the introduction, the second page contains a table of data and a graph, and the third page contains mathematical formulas and a graph. Red boxes highlight specific parts of the document.

Simulação	Deslocamento (m)	Tempo (s)	Tempo (s)	Tempo (s)
1	100	10	10	10
2	200	20	20	20
3	300	30	30	30
4	400	40	40	40
5	500	50	50	50

Figura 05:Exemplar de Roteiro de Atividades Preenchido pelos Estudantes

Na seção **Problematização** são lançadas no texto três perguntas referentes ao problema de transporte urbano dentro de uma cidade de grande porte visando promover a discussão entre os alunos. Essas questões são respondidas com base nas simulações feitas ao final da atividade na seção **Explorando o Modelo**, realçados nos retângulos vermelhos da Figura 05.

Dentro da seção **Explorando o Modelo**, além de responder às questões propostas na problematização, os alunos preenchem o roteiro de atividades definindo, em primeiro lugar, o

assunto e os *conceitos* que serão estudados nessa atividade (realçados nos retângulos azuis da Figura 05) desenvolvendo assim, os PEM's 1 e 2 da atividade. Em seguida, no PEM 3, os estudantes realizam cinco simulações com o modelo, sendo que em cada uma delas eles preenchem uma tabela com os tempos gastos pelos três móveis: Trem, Moto e Carro (realçados nos retângulos verdes da Figura 05). A partir dos tempos coletados nas simulações os estudantes calculam o tempo médio gasto por cada móvel (retângulo amarelo, Figura 05) fazendo assim, uma primeira manipulação matemática dos dados por eles produzidos nas simulações. Na seqüência, é solicitado a eles o cálculo da velocidade média de cada móvel do modelo (retângulo laranja, Figura 05), perfazendo assim, uma segunda manipulação matemática na atividade proposta. Por fim, no PEM 4, os estudantes analisam os resultados por eles produzidos, a partir das simulações e das manipulações matemáticas, respondendo algumas questões propostas realçados nos retângulo preto da Figura 05.

Amostragem e Experimento

Para a realização desse estudo piloto trabalhou-se com uma amostra composta de quatro turmas do ensino médio regular do 1º ano do turno vespertino da Escola Estadual de Ensino Médio Marinete de Souza Lira, localizada na cidade da Serra/ES. Nesse trabalho, as turmas serão identificadas como: 1V01, 1V02, 1V03 e 1V04, que totalizam noventa e quatro (94) estudantes, organizados em quarenta e sete (47) duplas, de ambos os sexos. Essa atividade foi realizada entre os dias 05 e 07 de julho de 2010 no horário regular de aula, sessenta minutos (60 min.), dentro do laboratório de informática da escola com as turmas em separado, como mostra a Tabela 01:

Tabela 01: Organização do Experimento

	Duplas	Alunos	Data da Realização
1V01	13	26	07/07/2010
1V02	10	20	05/07/2010
1V03	13	26	07/07/2010
1V04	11	22	07/07/2010

Os resultados descritos a seguir serão construídos a partir das respostas dadas pelos alunos no roteiro de atividades e serão discutidos e analisados tanto de forma quantitativa quanto de forma qualitativa.

Resultados & Discussão

Para responder à questão básica de pesquisa exposta na seção *Concepção do Estudo*, partiu-se, inicialmente, do levantamento das respostas dadas pelas duplas no desenvolvimento do *Roteiro de Atividades* nos PEM's 1 e 2: ***Definição do Assunto a ser Estudado*** e ***Definição dos Conceitos Estudados dentro do Assunto*** respectivamente, na seção *Explorando o Modelo*. A partir desses dados, foi possível construir a Tabela 02 que mostra tanto o ***Assunto*** quanto os ***Conceitos*** a serem estudados definidos pelas duplas de estudantes. Para essa atividade exploratória, a resposta esperada na definição do *Assunto* a ser estudado era: *Movimento dos Corpos*. Na definição dos *Conceitos*, as respostas esperadas eram: *Deslocamento*, *Velocidade Instantânea* e *Velocidade Média*. Cabe ressaltar que esses dois passos eram respondidos pelos estudantes após uma leitura e explicação, conduzida pelo professor, das três primeiras seções do roteiro, sendo que foi gasto em média quinze minutos (15 min.) para a realização dessa primeira etapa pelas turmas.

É válido ressaltar que as seqüências de X's observadas na Tabela 02 foram utilizadas com o objetivo exclusivo de preencher espaços em branco, pois, existe um número diferente de *Assunto* e *Conceitos* definidos pelos estudantes. Posto isso, é possível observar, partir da Tabela 02, algumas características importantes no preenchimento desses passos pelos estudantes. Em primeiro lugar, na primeira e segunda coluna que

correspondem ao PEM1, constata-se que as maiores frequências de respostas foram: *Deslocamento* - 19 ou 20,21%; *Movimento dos Corpos* - 17 ou 18,08%; *Velocidade Média* - 16 ou 17,02%; e *Velocidade Instantânea* - 15 ou 15,95%: ou seja, em 67 ou 71,27% das respostas dadas pelos estudantes de um total de 94 (100%) constata-se que os estudantes foram capazes de definir no PEM1, mesmo que de forma parcial, ou o *Assunto* ou algum dos *Conceitos* que serão estudados na atividade. Mesmo que os estudantes tenham definindo, ainda que de forma prematura e muitas vezes parcial os *Conceitos*, nota-se que a maior parte das duplas conseguiu discuti-los e defini-los, indicando assim, que uma explicação e leitura das três primeiras seções do *Roteiro de Atividades* revelam-se como uma boa estratégia metodológica para os PEM's 1 e 2 das atividades de modelagem expressiva, pois, parecem potencializar a discussão do *Assunto* e dos *Conceitos* estudados.

Tabela 02: Assunto e Conceitos Definidos pelos Estudantes

<i>Assunto</i>	<i>fr*</i>	<i>Conceitos</i>	<i>fr*</i>
Movimento	4	Propor Soluções para Problemas	3
Movimento dos Corpos	17	Movimento dos Corpos	5
Meios de Transporte Eficientes	3	Meios de Transporte Eficientes	5
Deslocamento	19	Deslocamento	20
Trajectoria	2	Trajectoria	1
Velocidade	7	Velocidade	8
Velocidade Instantânea	15	Velocidade Instantânea	18
Velocidade Média	16	Velocidade Média	17
M.R.U.V.**	1	Velocidade Constante	1
Aceleração	1	Aceleração	3
Física	1	Mudança de Posição	1
Tempo	2	Tempo	4
Espaço	1	Posição	4
Distância	1	Distância	1
Outras Respostas	3	Trânsito nas Cidades	1
Não Responderam	1	Engarrafamento	1
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Acidentes	1
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Sinais de Trânsito	1
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Referenciais	2
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Força	1
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Outras Respostas	3
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	Não Responderam	4
Total	94	Total	105

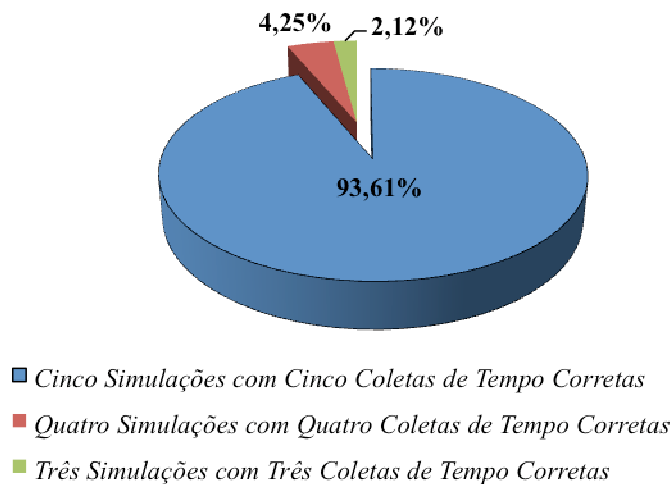
* Frequência de Respostas

** Movimento Retilíneo Uniforme Variado

Observando a terceira e a quarta coluna da Tabela 02, referentes ao PEM2, é possível notar que as maiores frequências de resposta dadas foram: *Deslocamento* - 20 ou 19,04%; *Velocidade Instantânea* - 18 ou 17,14%; e *Velocidade Média* - 17 ou 16,18%), totalizando assim, 55 ou 52,36% das respostas dadas pelos estudantes de um total de 105 (100%) de respostas observadas, mostrando, que mais da metade dos alunos conseguiu definir todos ou alguns desses conceitos no PEM2. Por outro lado, a frequência de respostas observadas para o item *Movimento dos Corpos* - 5 ou 4,76% - foi baixa em comparação com a frequência de - 17 ou 18,08% - observada anteriormente. Uma possível explicação para isso pode ser o fato dos estudantes, em sua maioria, já terem definido tanto o *Assunto* quanto os *Conceitos* que seriam estudados no PEM1, e ao preencher o PEM2 eles apenas repetem os mesmos *Conceitos* já definidos anteriormente, porém, acabam não repetindo, na maior parte das vezes o *Assunto*, uma vez que já havia sido definido de forma correta no PEM1.

Por fim, é possível observar na Tabela 02 que apesar da leitura e explicação das três primeiras seções do *Roteiro de Atividades* feita com os estudantes, não se pode garantir que todos os alunos entendam por completo tanto o *Assunto* quanto os *Conceitos*

Gráfico 01: Simulação e Coleta dos Tempos pelas Quarenta e Sete (47) Duplas.



calculavam o tempo médio que cada móvel gastou e, na seqüência, a velocidade média desenvolvida por cada um deles durante o trajeto de quarenta (40) unidades de comprimento. Em média, foram gastos pelas turmas 1V01, 1V02 e 1V03 vinte e cinco (25) minutos; a turma 1V04 gastou todo o restante do tempo da aula apenas para simular e coletar os tempos nos gráficos. A análise desse passo será feita a partir da comparação entre os resultados obtidos pelas duplas e os resultados esperados, mostrados na Tabela 03 que foram obtidos a partir de cinco simulações feitas pelo professor para servir como parâmetro de comparação.

Tabela 03: Resultados Produzidos Pelo Professor para Comparação

Tempos (s)	Trem	Moto	Carro
1 Simulação	38	49	56
2 Simulação	37	50	82
3 Simulação	38	54	79
4 Simulação	37	46	58
5 Simulação	38	62	68
Tempo Médio	37,6	52,2	68,6
Velocidade Média*	1,06 u.c./s	0,76 u.c./s	0,58 u.c./s

* A Velocidade Média é medida em unidades de comprimento por segundo (u.c./s)

A partir da Tabela 03 que nos fornece um parâmetro para comparação entre os resultados esperados e os resultados obtidos pelos estudantes, pode-se observar o desempenho dos mesmos em: **Simular o Modelo, Coletar os Tempos a Partir do Gráfico e Manipular Matematicamente os Dados** para obterem o **Tempo Médio** e a **Velocidade Média** de cada móvel.

A partir do Gráfico 01 é possível observar que das quarenta e sete (47) duplas, ou 100% da amostra, quarenta e quatro (44 ou 93,61%) conseguiram fazer as cinco simulações propostas e também coletar os tempos gastos por cada móvel a partir dos gráficos gerados em cada simulação. As outras três duplas (3 ou 6,39%) conseguiram fazer as simulações e coletar os tempos apenas de forma parcial, a saber: duas duplas (2 ou 4,25%) fizeram quatro simulações com quatro coletas de tempos e uma dupla (1 ou 2,12%) conseguiu fazer três simulações com três coletas de tempo. Dessa forma, é possível constatar nesse experimento, que os estudantes demonstraram uma grande habilidade tanto em simular de forma correta o modelo proposto, quanto em coletar os dados temporais a partir dos gráficos gerados por essas simulações.

Das quatro turmas de primeiros anos que foram analisadas nesse estudo: 1V01, 1V02, 1V03 e 1V04, todas as 11 duplas do 1V04 conseguiram desenvolver o *Roteiro de*

que serão estudados na atividade, pelo menos nesses dois primeiros passos, uma vez que se observam algumas respostas, muito diferentes das esperadas.

Após a finalização dos dois primeiros passos, os estudantes começam o PEM3: **Simulações**. Nesta etapa, eles simulavam cinco vezes o movimento dos três móveis e, após cada simulação, era preenchida uma tabela com os tempos gastos por cada um deles. A partir dessa tabela de dados coletados, os estudantes

Atividades apenas até essa etapa (*Simular e Coletar os Tempos nos Gráficos*). Portanto, a partir desse ponto, todo o restante da análise será feita com base nos resultados gerados pelas outras três turmas desse experimento, ou seja, pelas outras trinta e seis duplas (36 ou 100%). Por fim, cabe ressaltar que a turma 1V04 mostrou menor empenho e, conseqüentemente, menor rendimento nas atividades de modelagem exploratória, sendo pertencentes a essa turma, as três duplas que não conseguiram realizar todas as simulações e coleta de tempos. Assim, pode-se inferir que, mesmo que se proporcionem atividades alternativas para o aprendizado dos estudantes, o bom rendimento das mesmas só será possível a partir do empenho e da motivação dos alunos em desenvolvê-las.

Na Tabela 04 estão presentes as outras três (3) turmas ou trinta e seis (36) duplas, que conseguiram desenvolver o PEM3 por completo, possibilitando observar que, das cento e oito (108 ou 100%) **Manipulações Matemáticas** efetuadas por essas duplas para a obtenção dos **Tempos Médios** dos três móveis, noventa (90 ou 83,34 %) delas estavam corretas e apenas dezoito (18 ou 16,66 %) estavam erradas. Os erros cometidos para esse cálculo foram dois, a saber: dividir a soma dos tempos dos móveis **duas** (2) vezes por cinco, doze (12 ou 11,11%) erros foram dessa natureza e/ou somar os tempos de forma incorreta, e seis (6 ou 5,55 %) consistiram em cálculos errados de soma dos tempos.

No cálculo das **Velocidades Médias** observa-se um índice menor de acerto, porém, esse índice continua alto, setenta e sete (77 ou 71,29%) de acertos e trinta e um (31 ou 28,71%) de erros. Nesse cálculo, observou-se que os erros cometidos pelas duplas foram: *uso do tempo médio incorreto em vinte e quatro* (24 ou 22,22%) dos cálculos; *inversão de termos no cálculo*, ou seja, divisão do tempo pela distância, cinco (5 ou 4,62%) casos; *divisão incorreta da distância pelo tempo em apenas um* (1 ou 0,92%) dos casos e, por fim, *cálculo não efetuado* por uma (1 ou 0,92%) única dupla, perfazendo assim, o total de erros observados.

Tabela 04: Número de Cálculos Certos e Errados dos Tempos Médios e Velocidades Médias

Tempo Médio	Trem	Moto	Carro	Total de Cálculos	Total (%)
<i>Cálculos Corretos</i>	30	30	30	90	83,34
<i>Cálculos Errados</i>	6	6	6	18	16,66
<i>Cálculos/Móvel</i>	36	36	36	108	100
Velocidade Média	Trem	Moto	Carro	Total de Cálculos	Total (%)
<i>Cálculos Corretos</i>	26	25	26	77	71,29
<i>Cálculos Errados</i>	10	11	10	31	28,71
<i>Cálculos/Móvel</i>	36	36	36	108	100

Dessa forma, constata-se, uma grande habilidade por parte dos estudantes em manipular matematicamente os resultados por eles gerados anteriormente através das simulações.

Após a finalização do PEM3, os estudantes começam o PEM4: *Análise dos Resultados das Simulações*, em média os educandos gastaram vinte minutos (20 min.) nessa etapa. Para análise dos resultados das simulações eram propostas no *Roteiro de Atividades* seis (6) perguntas, sendo que as três (3) últimas já haviam sido expostas na seção de *Problematização*. Essas perguntas estão expostas na Tabela 05 com o número de *Acertos, Erros e Respostas em Branco* das trinta e seis (36) duplas que completaram toda a atividade de modelagem. As respostas esperadas para essas questões eram, respectivamente: 1) *Carro e Trem*; 2) *Trem e Carro*; 3) Definições usualmente trabalhadas no ensino médio vide, por exemplo, (SAMPAIO & CALÇADO, 2005, p(s), 57 e 60); 4) *Trem*, pois, esse móvel gastou um tempo médio menor no percurso; 5) *Não*, pois, esses móveis gastaram um tempo médio maior no percurso e 6) *Trem de metrô*, pois, não enfrenta trânsito.

Dessa forma, trinta e seis duplas (36) respondendo cada uma seis (6) questões perfazem um total de duzentos e dezesseis (216 ou 100%) respostas a serem analisadas.

Desse total, cento e quarenta e nove questões (149 ou 68,98%) estão corretas; quarenta e nove (49 ou 22,68%) estão erradas e, por fim, dezoito (18 ou 8,33%) não foram respondidas.

Tabela 05: Número e Porcentagem de Acertos, Erros e Respostas em Branco no PEM4

<i>Perguntas</i>	A¹	E²	RB³
1) Os três automóveis percorrem o mesmo percurso. Qual gasta mais tempo? E qual gasta menos tempo?	32	4	0
2) Qual dos móveis desenvolve maior velocidade média? E qual desenvolve menor velocidade média?	26	9	1
3) A partir do seu aprendizado, nessa atividade, defina com suas palavras: deslocamento , velocidade média e velocidade instantânea .	2	20	14
4) Qual é o melhor meio de transporte para atravessar a grande Vitória em um menor intervalo de tempo? Justifique sua resposta.	30	5	1
5) Ter um carro ou uma moto potente garante um deslocamento rápido? Justifique sua resposta a partir das simulações.	28	7	1
6) Qual dos três meios de transporte se mostrou mais eficiente para uma grande capital, carro, moto ou trem de metrô? Justifique.	31	4	1
Total de Acertos, Erros e Respostas em Branco	149	49	18
Total de Acertos, Erros e Respostas em Branco (%)	68,98	22,68	8,33

1 Acertos; 2 Erros; 3 Respostas em Branco

Assim, é possível observar um alto índice de acertos nas respostas dadas para as questões propostas, em especial nas questões objetivas: 1, 2, 4, 5, e 6 demonstrando, nessa atividade, que os estudantes conseguiram articular os resultados obtidos a partir das *Simulações*, *Coleta de Tempo nos Gráficos*, *Cálculo dos Tempos Médios* e *Velocidades Médias* para responder tais questões. Por outro lado, na Questão 3, que é subjetiva, encontra-se o maior número de erros e respostas em branco. Uma possível explicação para esse fato pode ser articulada a partir da observação da Tabela 02 que mostra que definir os *Conceitos* a serem estudados não é trivial para os estudantes.

Considerações Finais

Após a análise de todos os PEM's foi possível constatar que a metodologia estruturada para esse estudo piloto foi capaz de integrar o Modelo Computacional e o Roteiro de Atividades para proporcionar o desenvolvimento das atividades pelos estudantes. Assim, esse estudo gerou resultados que se mostraram promissores para a sua continuidade utilizando tal metodologia que é baseada na construção e aplicação de Módulos Educacionais em sala de aula. Contudo, como se trata de um estudo piloto, não se pretende tornar a metodologia dos Módulos Educacionais a única forma de abordagem para a integração da modelagem computacional em sala de aula, pelo contrário, tal estudo, é tanto parte da busca para aprimorar tal metodologia, quanto uma busca por mais alternativas metodológicas para o contexto escolar. Assim, cada vez mais, é necessária uma investigação sistemática a médio e longo prazo com esse objetivo específico.

Por fim, a continuidade desse projeto de pesquisa visando à integração da modelagem computacional a conteúdos de Física do Ensino Médio se dará a partir da investigação com conteúdos relacionados à eletricidade e magnetismo bem como radiações, fenômenos de transporte e física moderna sendo que a investigação dará continuidade tanto para o estabelecimento de alternativas metodológicas eficazes, quanto para investigar questões relacionadas à eficácia de tais ferramentas e metodologias para o ensino e a aprendizagem de tópicos específicos em Física e Ciências em geral.

Referências

- OLIVEIRA R. R. **O Estudo da Modelagem Computacional Qualitativa Através do Fenômeno de Difusão de Gás: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários.** 2006. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES.
- FERRACIOLI, L. **Aprendizagem, Desenvolvimento e Conhecimento na Obra de Jean Piaget: uma Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem em Ciências.** In: *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. Brasília, 1999, v80, nº 194, p. 5-18, jan/abr.
- FERRACIOLI, L. (2004) **A Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências.** Projeto de Pesquisa financiado pelo CNPq. Processo 30.4785/2004-0.
- LI, S. C.; LAW N.; LUI, K. F. A. **Cognitive Perturbation Through Dynamic Modeling: A Pedagogical Approach to Conceptual Change in Science.** 2006. *Journal of Computer Assisted Learning* 22, p. 405-422.
- MULINARI, M. H. **A Utilização da Modelagem Computacional como Estratégia de Análise de Ecossistemas Manguezais.** 2006. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo.
- MARINS F. C. M. **A Utilização de Diagramas Causais no Desenvolvimento de Atividades de Modelagem Semi-quantitativa: Um Estudo Exploratório com Estudantes do Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2009.
- FEHSENFELD, K. M. **A Representação de Fenômenos de Cinemática de Gases Utilizando o Ambiente de Modelagem Computacional Qualitativo ModeLab²: Um estudo Exploratório com Estudantes Ingressantes na Educação Superior.** Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2010.
- CAMILETTI, G. G. **A Modelagem Computacional Semi-quantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários..** Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2001.
- GOMES T. **A Modelagem Computacional Qualitativa Através do Ambiente ModeLab²: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários Desenvolvendo Atividades de Modelagem Expressiva Sobre Tópicos de Ciências.** Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES. 2008.
- FERRACIOLI, L. (2004) **A Integração de Ambientes Computacionais ao Aprendizado Exploratório em Ciências.** Projeto de Pesquisa financiado pelo CNPq. Processo 30.4785/2004-0.
- SAMPAIO, J. L. & CALÇADA, C. S. **Universo da Física 1: Mecânica.** Atual Editora, 2º Edição São Paulo, 2005.