

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Mestrado Profissional – Área Física

CARLOS ERYMÁ DA SILVA OLIVEIRA

**CRÍTICA DE LEIBNIZ A DESCARTES NA FORMA DE UM OBJETO
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM: HISTÓRIA E FILOSOFIA PARA O
ENSINO DE FÍSICA**

Maceió-AL
2012

CARLOS ERYMÁ DA SILVA OLIVEIRA

**CRÍTICA DE LEIBNIZ A DESCARTES NA FORMA DE UM OBJETO
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM: HISTÓRIA E FILOSOFIA PARA O
ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora, da Universidade Federal de Alagoas, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho.

Co-Orientador: Prof. Dr. Elton Casado Fireman.

Maceió/AL
2012

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- O48c Oliveira, Carlos Erymá da Silva.
Crítica de Leibniz a Descartes na forma de um objeto virtual de aprendizagem : história e filosofia para o ensino de física / Carlos Erymá da SilvaOliveira. – 2012. 91. il., color.
- Orientador: Jenner Barreto Bastos Filho.
Co-Orientador: Elton Casado Fireman.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Educação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Maceió, 2012.
- Bibliografia: f. 62-65.
Apêndices: f. 66-91.
1. Leibniz, Gottfried Wilhelm, 1646-1716. 2. Descartes, René, 1596-1650.
3. Ciências – Filosofia. 3. Ciências – História. 4. Física – Estudo e ensino. I. Título.

CDU: 53:371.214

Carlos Erymá da Silva Oliveira

**CRÍTICA DE LEIBNIZ A DESCARTES NA FORMA DE UM OBJETO
VIRTUAL DE APRENDIZAGEM: HISTÓRIA E FILOSOFIA PARA O
ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 15 de agosto de 2012.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho
(Presidente)



Prof. Dr. Elton Casado Fireman
(Coorientador)



Profa. Dra. Maria Amélia Monteiro
(Membro externo – UEPB)



Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Serra
(Membro interno – PPGEICIM/UFAL)

Dedico este trabalho primeiramente ao Senhor Jesus, aquele que me tem dado força e inteligência para realizar tarefas como estas; também a minha esposa Luziene, que algumas vezes sentiu minha ausência quando na dedicação da elaboração desta pesquisa, mas compreendeu e me ajudou, dando incentivo e apoio; e aos meus filhos Eric, Isaque e Rebecca.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador de todas as coisas, o Deus bendito, que me deu inteligência e forças para prosseguir neste empreendimento, fazendo-me superar as dificuldades no caminho da construção desta pesquisa, pois como o próprio Jesus falou: “sem mim nada podeis fazer”.

Agradeço aos meus familiares pelo apoio dado, apesar das minhas ausências para com eles, especialmente minha amada esposa Luziene, que várias noites foi dormir sem meu aconchego; aos meus filhos, que estão seguindo a carreira universitária, e a minha filha Rebecca, que se sente orgulhosa de seu pai neste mestrado, por minha mãe Aparecida, que desde pequeno me incentivou a estudar e a meu saudoso pai Nilson, que foi inspiração para adentrar na área de exatas.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas, por me ter dado esta oportunidade e apoio, por meio de seu corpo docente, que me fizeram ver novos conhecimentos, através da interação durante as aulas, também a secretaria executiva Mônica França da Silva, pela sua especial diligencia.

Agradeço ao professor Jenner Barretto Bastos Filho, que me orientou, supervisionando e colaborando de forma positiva para a elaboração deste trabalho, sendo compreensivo e tolerante nos momentos difíceis, pelo apoio, sugestões e confiança na minha capacidade.

Agradeço ao Professor Elton Fireman Casado pela coorientação e apoio, sobretudo na produção do objeto virtual de aprendizagem, que foi meu produto educacional, bem como pela compreensão e apoio nas decisões que tomei nas horas de dificuldades.

A todos os Professores da banca examinadora, por suas valiosas críticas e sugestões.

A todos os colegas da turma de mestrandos, assim como os colegas de trabalho que me incentivaram a continuar, e a minha ex-coordenadora de colégio, Lígia Passos, por me ter dado apoio nos momentos em que tive dificuldade de conciliar trabalho profissional e pesquisa de mestrado.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso desta minha jornada.

RESUMO

Esta dissertação aborda uma proposta de inserção de História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de Física, através da utilização de uma TIC denominado Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA). A pesquisa discute uma temática histórico-filosófica sobre a crítica de Leibniz a Descartes referente à verdadeira força motriz, que ele denominou de *Vis viva* e aborda os precursores ilustres da ideia da *vis viva*. Esta pesquisa contém um tema bastante discutido hoje, que é energia, pois a *Vis viva* de Leibniz pode ser considerada um embrião do conceito moderno de energia, além de abordar conteúdos relevantes para o ensino de Física na educação básica, como Estática, conservação da quantidade de movimento, queda livre e outros. Este trabalho também discute a utilização da HFC, seus benefícios e cuidados na sua abordagem, sob a ótica de pesquisadores como Peduzzi, Vannucchi, Magalhães, entre outros. Sobre a utilização do Objeto Virtual de Aprendizagem, a dissertação relata suas potencialidades e flexibilidades para sua utilização no ensino de Física, através de análises de grupos de pesquisadores desta área. À luz dessas teorias, esta pesquisa propõe um Objeto Virtual de Aprendizagem com a temática da crítica de Leibniz a Descartes, relatando sua construção, que foi feita aos moldes do RIVED, e sua funcionalidade, utilizando-se também de figuras para demonstrar cada estágio da sua aplicação. Por fim, apresenta uma proposta de planejamento para a utilização em sala de aula, lançando mão do guia do professor do OVA.

Palavras-chave: Ensino de física. História e filosofia da ciência. *Vis viva*. Objeto virtual de aprendizagem.

ABSTRACT

This dissertation discusses a proposal for the insertion of History and Philosophy of Science (HFS) in the Physics teaching through the use of an expedient of Information and Communication Technology ICT so called of Virtual Object of Learning. The research concerns a topic about the historical and philosophical criticism of Leibniz against Descartes' Physics on the real moving force of the world, which Leibniz called vis viva. This approach also covers the illustrious forerunners of the idea of vis viva. This study contains a very discussed topic today, which is energy. The Leibniz's vis viva can be considered an embryo of the modern concept of energy, in addition to addressing relevant content for the teaching of physics in basic education, such as statics, conservation of quantity motion, free fall etc. This work also discusses the benefits and necessary care for a suitable insertion of the History and Philosophy of Science in Physics Teaching, from the perspective of researchers like Peduzzi, Vannucchi, Magalhães and others. This dissertation describes the capabilities and flexibilities of the use of virtual objects of learning in physics teaching through the analysis of groups of researchers in this area. In the light of these theories, this research proposes a construction of a Virtual Learning Object based on the criticism of Leibniz against Descartes. This construction is described. It was conceived along the lines of RIVED, and its functionality was considered using also figures to demonstrate each stage of its application. Finally, proposes a plan for use in the classroom, making use of the teacher's guide of the OVA.

Keywords: Physics teaching. History and philosophy of science. Vis viva. Virtual object of learning.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAI -	Computer-Aided Instruction
EDUCOM -	Educação e Computador
ENEM -	Exame Nacional do Ensino Médio
HFC -	História e Filosofia da Ciência
IBM -	International Business Machine
LDB -	Leis de Diretrizes e Bases da Educação
MEC -	Ministério da Educação e Cultura
OVA -	Objeto Virtual de Aprendizagem
PCN -	Parâmetros Curriculares Nacionais
PPGECIM -	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
RIVED -	Rede Interativa Virtual de Educação
SEED -	Secretaria de Educação de Ensino à Distância
TIC -	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFAL -	Universidade Federal de Alagoas
UEPB -	Universidade Estadual da Paraíba
WWW -	Word Wide Web

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Carrinhos interagindo com a mola	27
Figura 2	Carrinhos livres do contato da mola - velocidade constante	27
Figura 3	Ilustração da ideia do ímpeto de Galileu	31
Figura 4	Ilustração do ímpeto para movimento contínuo	31
Figura 5	Exemplo de Leibniz para contradizer os cartesianos	33
Figura 6	Balança em equilíbrio estático	34
Figura 7	Balanças pendentes devido ao acréscimo de um peso dp	34
Figura 8	Deformação do solo versus Vis viva – introdução	37
Figura 9	Deformação do solo versus Vis Viva - conclusão	38
Figura 10	Tela de abertura do OVA	39
Figura 11	Tela de apresentação de Descartes	40
Figura 12	Tela da simulação dos carrinhos	41
Figura 13	Tela de abertura de Leibniz	42
Figura 14	Tela da simulação dos blocos em queda livre	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores das grandezas da simulação de Descartes	41
----------	---	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 O Ensino de Física utilizando a História e Filosofia da Ciência na Educação Básica	16
2 O Uso de Novas Tecnologias na Educação	21
2.1 A Utilização do Computador na educação	21
2.2 A Utilização do Computador no Ensino de Física	24
2.3 Objetos Virtuais de Aprendizagem	25
3 A Crítica de Leibniz a Descartes; Introdução	30
3.1 A conservação da quantidade de movimento de Descartes	30
3.2 A Crítica de Leibniz a Descartes (A vis viva de Leibniz)	36
4 O Objeto Virtual de Aprendizagem Proposto	46
5 A Proposta para o ensino dos conceitos de Energia e Quantidade de Movimento mediante a crítica de Leibniz a Descartes na forma de um Objeto Virtual De Aprendizagem	54
5.1 Guia do Professor	54
5.1.1 Introdução	55
5.1.2 Objetivos.....	55
5.1.3 Pré-requisitos.....	56
5.1.4 Tempo previsto	56
5.1.5 Na sala de aula	56

5.1.6 Na sala dos computadores	58
5.1.6.1 Preparação do material	58
5.1.6.2 Requerimento técnico	58
5.1.6.3 Durante a atividade	58
5.1.7 Avaliação	59
CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICES	66

INTRODUÇÃO

O ensino de Física na educação básica tem se mostrado muitas vezes pouco eficiente. O que constatamos, e até certo ponto temos sido forçados a nos inserir, circunscreve-se a uma tradição constituída por uma prática fundamentada em uma transmissão mecânica mediante mera memorização, o que ocorre muitas vezes durante todo o ensino básico. Este ensino tradicional é concebido em uma sequência rígida quanto à maneira de abordar os assuntos. Desta forma, habitualmente o conteúdo é selecionado, organizado e colocado como um produto pronto e acabado, às vezes reduzido à resolução de exercícios mediante aplicação direta e pouco crítica de fórmulas matemáticas.

Todo este contexto faz com que o aluno produza inferências falsas sobre a natureza da ciência. Assim, ele passa a conceber a ideia de que a Física foi construída a partir de descobertas de fórmulas mediante pesquisa simplesmente empírica, ou que as descobertas emergiram por acaso, que a ciência está totalmente desligada do contexto histórico e social e que conceitos metafísicos não influenciaram o desenvolvimento científico. O ensino de Física sem uma visão da história da formação dos conceitos irá gerar uma imagem falsa da ciência. Efetivamente, a construção da ciência se dá de uma maneira não linear e, deste modo, se apresenta como muito diferente da imagem propiciada por uma educação científica empobrecida e distorcida como aquela ensejada pelo, assim chamado, ensino tradicional.

Quanto à utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física, observamos em nossa prática que essas favorecem uma mudança de paradigma educacional, pois oferece ferramentas para levar o aluno a algo mais concreto, como as animações que modelam os fenômenos. Tais animações podem também ajudar na construção de conceitos através da reflexão a partir da intervenção do próprio aluno na modelação dos fenômenos. Deste modo, quando utilizamos essas animações interativas, ou mesmo quando fazemos uso delas nos gráficos e figuras apresentadas de maneira dinâmica, então o aprendiz poderá perceber nuances que numa aula expositiva não seria possível. Esses

expedientes podem ser explorados ao lançarmos mão dos Objetos Virtuais de Aprendizagens, os quais iremos utilizar como opção de TIC.

No ensino de Física há graves lacunas acerca de abordagens histórico-filosóficas dirigidas para a educação básica (ver BASTOS, 1998). No entanto, também há uma grande potencialidade de utilização de expedientes cognitivos, tais como os Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA), para a finalidade pedagógica aqui perseguida, que contemplem a inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de Física. Um dos objetivos do presente trabalho é o de contribuir para preencher parte dessa lacuna. Devido a isso é que propomos aqui um OVA em que esteja inserida a crítica de Leibniz a Descartes (SILVA, BASTOS FILHO, 1995) acerca da verdadeira causa motora dos fenômenos naturais. Argumentamos que o conceito moderno de energia poderá ser compreendido mais profundamente se trabalharmos o seu embrião, que consiste no conceito leibniziano de “vis viva”. Com base nesta motivação é que o trabalho ora exposto se justifica.

Assim o objetivo geral desta pesquisa é apresentar uma proposta de inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física mediante um Objeto de Virtual Aprendizagem, com objetivos específicos tais como refletir quais as vantagens e dificuldades da inserção da HFC no ensino de Física, as potencialidades dos Objetos Virtuais de Aprendizagem e construir um objeto virtual de aprendizagem que insira HFC através da crítica de Leibniz a Descartes.

Temos então este problema: como inserir HFC no ensino de Física utilizando objetos virtuais de aprendizagem, proporcionando uma aprendizagem dos conceitos que possuam um alto grau de abstração? Para tentarmos resolver essa questão nesta pesquisa, primeiro iremos abordar os vários benefícios decorrentes da utilização da HFC na educação básica e as dificuldades que tal inserção enseja na prática escolar. Para isso, no primeiro capítulo vamos nos valer das reflexões de Peduzzi, Vannucchi, Magalhães, entre outros. No segundo capítulo iremos relatar o uso de novas tecnologias no ensino de Física, em especial os OVAs, suas potencialidades e flexibilidades para sua utilização no ensino de Física através de análises de grupos de pesquisadores desta área.

No terceiro capítulo abordaremos a crítica de Leibniz a Descartes onde detalharemos o pensamento de Descartes sobre a força motriz, explicitando como Leibniz desenvolveu seu argumento contrapondo-se à ideia de Descartes sobre a verdadeira força motora. No quarto capítulo, descreveremos o OVA proposto, bem como sua construção, funcionalidade e flexibilidade na utilização no ensino de Física na educação básica. No quinto capítulo consideraremos uma proposta para o ensino dos conceitos de energia e de quantidade de movimento, utilizando uma abordagem histórico-filosófica: a crítica de Leibniz a Descartes, com auxílio do OVA descrito no capítulo anterior, construído para tal projeto, esta proposta se baseará através no guia do professor, no qual está contida uma sugestão de planejamento para aplicação em sala de aula.

Por fim, abordaremos as perspectivas da inserção de HFC utilizando OVA no ensino de Física na educação básica, como também a potencialidade e as perspectivas ensejadas para a formação de professores de Física.

1 O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O ensino de Física nas escolas é voltado para a memorização de fórmulas, constituindo-se, portanto, em um ensino descontextualizado e sem interdisciplinaridade (TEIXEIRA, 2003), que tem como objetivo principal a preparação dos alunos para os vestibulares dos estabelecimentos de ensino superior, deixando à margem outros objetivos bem mais importantes, como a formação do cidadão consciente, crítico da realidade que o cerca e capaz de realizar mudanças. Segundo Vannucchi (1996), um ensino de Ciência apropriado deve não apenas envolver seus produtos, que são as leis e teorias, mas também deve envolver o conhecimento dos processos da Ciência, nos quais figuram seus métodos, sua estrutura de desenvolvimento, esses objetivos poderiam ser alcançados inserindo a HFC no ensino de Física. Esta temática tem sido discutida já há algum tempo e sugerida pelo MEC, pois nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), especificamente nos de Física, constatamos como uma das competências gerais: Ciência e Tecnologia na História, que tem como objetivo principal: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Atualmente a maioria das universidades abraçou o ENEM como exame de seleção para o ingresso dos alunos. Portanto a inserção da HFC não é apenas uma maneira de tornar o ensino de Física mais eficiente, mas se tornou uma necessidade para as escolas do ensino médio, pois o ENEM, que tem como fundamento a avaliação elaborada por competências e habilidades, possui uma das competências, para ser avaliada no exame, relacionada ao ensino da história da formação do conhecimento científico; ela está descrita na matriz de competências e habilidades do ensino médio para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias no *site* do INEP, da seguinte maneira: “Compreender as ciências como construções humanas, relacionando o desenvolvimento científico ao longo da história com a transformação da sociedade”. Na mesma matriz encontramos cinco habilidades que estão associadas a esta competência, descritas a seguir:

H1 - Identificar transformações de ideias e termos científico-tecnológicos ao longo de diferentes épocas e entre diferentes culturas.

H2 – Utilizar modelo explicativo de determinada ciência natural para compreender determinados fenômenos.

H3 - Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde, ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H4 - Confrontar diferentes interpretações de senso comum e científicas sobre práticas sociais, como formas de produção, e hábitos pessoais, como higiene e alimentação.

H5 - Avaliar propostas ou políticas públicas em que conhecimentos científicos ou tecnológicos estejam a serviço da melhoria das condições de vida e da superação de desigualdades sociais.

Mas para que os alunos construam tais habilidades deve ser mostrado a eles que o desenvolvimento da ciência não ocorreu de maneira linear, sem debates, como é apresentado nos livros textos utilizados em sala de aula. Tais livros excluem as contribuições de outras áreas do conhecimento que influenciaram na construção do conhecimento da Física e até as questões não científicas que geraram debates científicos. Os livros didáticos não têm contribuído para uma inserção da HFC no ensino básico, pois apresentam uma Física fragmentada, sem uma correlação com a HFC. Quando os livros textos citam, o fazem como ilustrações biográficas e anedóticas, como afirma Barra:

A história da ciência tem também figurado entre as preocupações daqueles que pesquisam o ensino de ciências com o objetivo de oferecer uma forma de tratar a história da ciência para além das ilustrações biográficas e anedóticas da maioria dos livros didáticos (BARRA, 1993)

Os manuais utilizados nas escolas demonstram o produto do conhecimento, sem observar o processo para se chegar a este produto (PEDUZZI, 2005). Isto gera uma falsa visão da história da formação do conhecimento, revelando uma imagem distorcida da ciência, construída a partir de descobertas de fórmulas mediante pesquisa simplesmente empírica, ou que as ideias e os princípios se deram por acaso, que a ciência está totalmente desligada do contexto histórico-social e que conceitos metafísicos não influenciaram o desenvolvimento científico.

A ciência que é ensinada nas escolas, sustenta uma imagem idealizada e distante da realidade do trabalho dos cientistas, omitindo antagonismos, conflitos e lutas que são travadas por grupos responsáveis pelo progresso científico. A consequência disso é a construção de uma visão ingênua de uma ciência altruísta, desinteressada (TEIXEIRA, 2003)

Se devemos formar cidadãos críticos, não devemos formá-los como críticos das teorias científicas vigentes? Ou também capazes de aceitar uma nova ideia para esperar que esta nova ideia se aprimore e evolua em outras novas ideias que englobem mais requisitos, como relata Lakatos (LAKATOS, 1979, pp. 121-122)? Uma abordagem histórico-filosófica da Ciência da maneira mais próxima possível de como o conhecimento científico foi construído, mostrando seus embates, os contextos sociais e culturais da época que influenciaram na busca de novas descobertas ajudaria nesta formação.

Outro benefício de uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Física, é que aquela tem elementos que podem auxiliar no processo ensino-aprendizagem da Física, que na maioria das vezes se resume em um conjunto de aplicações de fórmulas e equações que os estudantes repetem sem entender o significado. A inserção da HFC apresentará aos estudantes os métodos de investigação científica, levando-os a ter oportunidades de distinguir entre equações matemáticas, modelos e sua interpretação Física, como relata a seguir Vannucchi :

A História e a Filosofia da Ciência podem introduzir os estudantes aos métodos de investigação científica, em contraposição à definição positivista de “método científico” presente em livros didáticos. Assim, tem-se oportunidade de abordar tópicos como: a variedade de interpretações racionais e plausíveis que podem ser apresentadas para um mesmo conjunto de dados, a distinção clássica entre equações matemáticas, modelos e sua interpretação Física etc. (VANNUCCHI, 1996).

O próprio processo histórico da formulação dos princípios físicos nos mostra que estes não foram elucidados a partir do nada. Então, um aprendiz, vendo como eles foram construídos e os problemas que levaram a formular esses princípios, dará significado a tais princípios.

A História da Física apresenta os problemas que levaram à formulação de um particular conceito; ela revela os ingredientes, lógicos ou empíricos, que foram realmente importantes nesse processo [de criação intelectual]. Portanto, a História da Física clarifica conceitos, revelando-lhes o significado (MAGALHÃES, 2002, p. 490).

Algumas objeções são colocadas na inserção da HFC no ensino. Uma delas relata a preocupação com o domínio do conteúdo específico e com o interesse dos alunos pela Ciência, quando o contexto histórico carece de evidência empírica. Entretanto Matthews relata que estudos relacionados com centenas de milhares de

alunos americanos que nos anos 70 estudaram numa perspectiva histórica apresentaram bons resultados (MATTHEWS apud VANNUCCHI, 1996)

Outra objeção, citada por Vannucchi, apresentada a uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Ciência, que inclui também o ensino de Física, remete ao tempo tomado por esta abordagem, que acarretaria um tempo menor para o conteúdo específico. Todavia, a abordagem não pressupõe o abandono do conteúdo programático, pois para se fazer tal abordagem faz-se necessário um domínio de um corpo de conhecimentos científicos por parte dos alunos (VANNUCCHI, 1996).

Uma outra oposição à inserção da HFC no ensino relatada por Peduzzi (2005) é a de que a caminhada do cientista para a construção do conhecimento é muito complexa, tornando as discussões em sala de aula incompletas, pois tais concepções dos cientistas são inconsistentes com a ciência contemporânea, o que gera fortes objeções. Porém ele relata que isso pode ser contornado se apresentarmos uma história simplificada, voltada para o contexto que iremos abordar. No entanto, devemos ter cuidado para não apresentarmos uma simplificação com uma história desfigurada, cheia de omissões, e cairmos no mesmo erro dos materiais didáticos que transmitem uma história da Ciência de má qualidade.

Sobre a simplificação, Peduzzi faz referência a M.R. Matthews, editor da revista *Science & Education*, que relata que a simplificação deve ser mais complexa, ou seja, com menor grau de simplificação, quanto for exigida a situação educacional, Eis a citação:

Uma história simplificada que lance uma luz sobre conteúdos discutidos, que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e Ciência podem tornar-se mais e mais complexas à medida que assim exija a situação educacional (MATTHEWS apud PEDUZZI, 2005, p 154).

Então, apesar dos contras, podemos realizar um ensino de Física mais rico e motivador, com uma inserção histórico-filosófica, tomando cuidado para não cairmos nos erros que levam a esta inserção ser evitada e muitas vezes criticada, sem

perdermos o foco nos conhecimentos específicos, no empirismo e sem esquecer do racionalismo, tão presente na história da ciência. Com este cuidado, procuramos, na nossa pesquisa, inserir a crítica de Leibniz a Descartes (SILVA, BASTOS FILHO, 1995) acerca da verdadeira causa motora dos fenômenos naturais a vis viva, que foi um precursor do conceito de energia, pois está relacionada com a energia cinética definida pelo produto da massa pelo quadrado da velocidade ($m.v^2$), mais tarde tornou-se em $\frac{1}{2} m.v^2$, quando foi construído o conceito de trabalho

2 O USO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

É notório que o uso de modernas tecnologias no aprendizado escolar já é uma necessidade e não uma opção para as escolas que estejam economicamente mais bem situadas. A propósito, os PCNs já destacam sua utilização como instrumento para a cidadania, para as relações sociais e para o exercício profissional, pois com o desenvolvimento tecnológico os computadores tornaram-se mais acessíveis para uma grande parte da população, fazendo com que os alunos tenham certa familiaridade com a utilização deles. Logo, o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especificamente do computador, será mais atrativo que uma aula expositiva utilizando somente a lousa.

Faremos uma sucinta história da utilização do computador na educação, alguns projetos de implementação realizados pelo governo, a forma pedagógica como o computador é utilizado, as vantagens de utiliza-lo no ensino de Física e sobre o uso de objetos virtuais de aprendizagem, sua disponibilidade na internet (repositórios), o processo e construção e os proveitos da utilização de um OVA.

2.1 A utilização do Computador na Educação

A utilização do computador na educação, segundo Valente (1999), tem seu início na década de 50, nos Estados Unidos. Ele foi usado na resolução de problemas em cursos de pós-graduação e, em 1958, como máquina de ensinar, no Centro de Pesquisa Watson da IBM e na Universidade de *Illinois*, mas num contexto meramente tecnicista instrucionista. Era usado para armazenar informação e transmiti-la ao aprendiz, e sua utilização nesta abordagem era nada mais que uma tentativa de implementar a máquina de ensinar idealizada por Skinner. Este modo de utilizar o computador na educação foi formalizado através dos *Computer-Aided Instruction* (CAI), como relata Valente:

No início dos anos 60, diversos softwares de instrução programada foram implementados no computador, concretizando a máquina de ensinar, idealizada por Skinner no início dos anos 50. Nascia a instrução auxiliada por computador ou o *Computer-Aided Instruction* (CAI), produzida por empresas como IBM, RCA e Digital e utilizada principalmente nas universidades (VALENTE, 1999).

Contudo, esta modalidade de uso do computador era limitada a computadores de grande porte, restringindo seu uso nas universidades. Porém na década de 80, com o aparecimento dos microcomputadores, tornou-se acessível às escolas e permitiu de novas modalidades de usos do computador na educação. Descrito por Valente (1999) como:

- Ferramenta no auxílio de resolução de problemas
- Na produção de textos
- Manipulação de banco de dados
- Controle de processos em tempo real.

Nesta abordagem o computador passou a ser de grande valia para a educação, como ferramenta de auxílio para uma mudança na qualidade da educação. Um dos exemplos que podemos destacar foi à criação do logo, que constituiu o marco inicial da utilização do computador com uma fundamentação teórica cognitiva, pois tem como base a teoria de Piaget e algumas ideias da Inteligência Artificial (VALENTE 1999).

No final da década de 80 ocorreu outro avanço extraordinário, que foi o desenvolvimento da internet, que nos anos 90 se popularizou e causou grande impacto na educação, como relata Fiolhas:

“Um outro avanço importante na aplicação da informática à educação foi, nos anos 80, o desenvolvimento da Internet. Em finais dessa década foi criada a *World Wide Web*, que só nos anos 90 se popularizou. O seu impacto no ensino, ao tornar mais acessível a Internet, foi enorme” (FIOLHAS, 2003)

No Brasil a implantação do computador na educação começou na década de 70, por meio de educadores de algumas universidades que foram motivados pelo que estava acontecendo nos Estados Unidos, porém com o mesmo enfoque instrucionista. Por isso a história do computador na educação entre nós não foi diferente da dos Estados Unidos. Tivemos os mesmos processos tanto nos primeiros usos nas universidades como também na implantação dos CAI. Porém no Brasil, com a chegada dos microcomputadores e o advento da internet e da globalização, houve um salto maior na tecnologia na educação. Entretanto, a mudança na

qualidade da educação não ocorreu na mesma velocidade, mas as mudanças decorrem das iniciativas de educadores nas universidades, que já na década de 80 promoveram os primeiros seminários e depois criaram projetos voltados para a pesquisa e formação de recursos humanos. Podemos citar o Projeto EDUCOM, criado em meados da década de 1980 (VALENTE, 1999).

No final da década de 90 foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo) — Portaria nº 522/MEC, de 9 de abril de 1997, um fato marcante para a disseminação de computadores na educação, revelando o interesse do Estado em apoiar o uso do computador nas escolas. Confirmando este interesse, logo após a implementação das leis de diretrizes e bases da educação (LDB), montaram-se os documentos que serviriam como diretrizes para a educação: os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) e neles consta a utilização dos computadores na educação, onde podemos destacar o seguinte texto:

Não basta visar à capacitação dos estudantes para futuras habilitações em termos das especializações tradicionais, mas antes trata-se de ter em vista a formação dos estudantes em termos de sua capacitação para a aquisição e o desenvolvimento de novas competências, em função de novos saberes que se produzem e demandam um novo tipo de profissional, preparado para poder lidar com novas tecnologias e linguagens, capaz de responder a novos ritmos e processos... indiscutível a necessidade crescente do uso de computadores pelos alunos como instrumento de aprendizagem escolar, para que possam estar atualizados em relação às novas tecnologias da informação e se instrumentalizarem para as demandas sociais presentes e futuras (PCNs: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / SEF – Brasília: MEC/SEF, 1997, p. 28, 67).

Porém ainda há muita coisa a ser mudada pois, como relata Valente(1999), as escolas utilizam mais o computador para informatizar os processos existentes, ou seja, utilizam o computador numa abordagem apenas instrucionista, e isso até certo ponto tem facilitado a implantação do computador nas escolas, já que esta abordagem não exige muito investimento na formação do professor. Contudo, o mesmo pesquisador expõe que os resultados desta abordagem, no sentido de formação de cidadãos capazes de enfrentar as modificações que a sociedade está passando, não são confiáveis.

A utilização desta tecnologia deve ser realizada de maneira criteriosa e bem planejada e não apenas como uma opção de mudar o ambiente de sala de aula para um laboratório de informática. Que o computador não seja utilizado unicamente

como um instrumento repassador de conhecimento, substituto da lousa nos mesmos métodos tradicionais, em que os alunos são apenas receptores de informação, resultando nos mesmos problemas da educação vigente, como a reprodução de fórmulas prontas e a falta de estímulo para provocar o aluno a pensar e questionar eis o desafio a ser enfrentado.

2.2 A utilização do Computador no Ensino de Física

A utilização do computador na educação deve servir como motivador e ferramenta para a construção de um aprendizado que tenha significado, através de investigação e discussão sobre os temas abordados, conforme ressalta Gonçalves:

Acreditamos que a substituição de uma aula tradicional de Física, com quadro- negro e giz por uma aula em laboratório de informática, pode servir como motivação para os alunos... entendemos que demonstrações em aula ou experimentos devem ser realizados para percepção e discussão do fenômeno em análise (GONÇALVES, 2005, p. 11).

O ensino nas escolas utilizando o computador neste enfoque é viável, pois existem maneiras de tornar os ambientes computacionais colaborativos e interativos, onde o aluno participa ativamente na construção do conhecimento, privilegiando o aprendizado de conceitos e valores, e não a sua memorização, através de *softwares* que utilizam de várias mídias. Ao mesmo tempo a internet proporciona interação instantânea com outras pessoas através de fóruns e a obtenção de múltiplas informações que podem servir de temas de discussões.

O computador pode ser de muita valia para o ensino de Física que habitualmente é apresentado de uma forma verbal ou textual na maioria das escolas, gerando dificuldades no processo ensino-aprendizagem, pois este exige um grau de abstração que não é respaldado por uma visualização dos fenômenos físicos correspondentes. No parecer de Fiolhais: “Os métodos tradicionais de ensinar Física são inadequados. Não serão de admirar falhas na aprendizagem se conceitos complexos e difíceis de visualizar só forem apresentados de uma forma verbal ou textual” (FIOLHAIS, 2003). Sabemos que existem laboratórios de Ciências para a realização de experimentos, que ensejam a visualização dos fenômenos, diminuindo, portanto o grau de abstração que dificulta a compreensão dos alunos. Porém nem todos esses laboratórios são viáveis, devido ao custo e a manutenção.

Como solução alternativa, a utilização do computador no ensino de Física poderia substituir os laboratórios aludidos acima.

2.3 Objetos Virtuais de Aprendizagem

Começaremos pela definição de objetos virtuais de aprendizagem. Então o que seria objeto virtual de aprendizagem, também chamado de objeto digital de aprendizagem? Konrath (2006, p. 2) concebe como imagens e gráficos, vídeos, sons, ferramentas, até qualquer outro recurso educacional digital a ser utilizado para fins educacionais e que contenha sugestões sobre o contexto de sua utilização. Essa concepção se assemelha à de Wiley (2000, p. 8): "qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem," Gracindo descreve-os com mais detalhes:

Define-se ODA como sendo recursos digitais que podem ser baseados em textos, páginas em HTML, gráficos, ilustrações, animações, simulações, imagens e outros, que sejam modulares e reutilizáveis e que estão voltados para questão da aprendizagem nos mais variáveis níveis e modalidades de ensino, cuja finalidade seja a sua utilização como ferramenta, um recurso, um instrumento para o ensino, de forma intencional, ou seja, um ODA e um material digital utilizado e criado especificamente para que seus usuários apropriem-se de algum tipo de conhecimento (GRACINDO, Heloisa B. R. 2009, p. 47).

Um objeto de aprendizagem pode comportar um único conceito ou pode conectar vários que estejam interagindo com um conceito mais geral, formando o corpo de uma teoria. Para que um OVA possa contemplar a definição abordada nesta pesquisa, faz-se necessário que ele apresente as seguintes características, que são apresentadas por Wiley (2000), Gracindo (2009) e Nunes (2011):

(i) *a modulação* - decomposição do conteúdo educacional em pequenos pedaços, podendo provocar a interdisciplinaridade e gerando menor dependência dos módulos. O usuário poderá ver qualquer parte do conteúdo sem estar na dependência de passar por outro;

(ii) *a agregação* - é a continuidade do princípio da modulação pelo seu reverso e a acentuação da interdisciplinaridade;

(iii) *a interoperabilidade* - é a condição para o OVA rodar em distintas máquinas e diferentes sistemas operacionais, sem precisar mudar suas características, pois teremos várias realidades econômicas de escolas:

encontraremos escolas com computadores de última geração e, infelizmente, outras com computadores defasados;

(iv) *a reusabilidade* - é a capacidade de utilizar o objeto em diversas situações e em várias etapas do processo de ensino, quantas vezes se necessitar. A vantagem aqui está relacionada com o custo, pois ao reutilizar um OVA, a escola irá reduzir os custos de compras de novos programas, e também na questão das licenças de instalações destes novos programas;

(v) *interatividade* – participação do usuário de maneira bidirecional, ou seja, quando o usuário pode intervir ao receber a informação;

(vi) *Acessibilidade ou recuperabilidade* – o OVA deve ser de fácil acesso via internet, podendo ser utilizado em diversos locais pelo usuário.

A utilização de um OVA deve então promover a interatividade através de textos que permitam ao aluno explorar de uma forma não linear as informações. O formato não linear de organização facilita ao aluno vários caminhos exploratórios (DIAS, 2000); com isso o aluno poderá interagir com o OVA segundo o seu raciocínio lógico não linear. Esses textos, segundo Dias são conhecidos como hipertextos.

A interação também acontece principalmente através de animações, que modelam fenômenos relacionados às grandezas abordadas na temática estudada. Faz-se necessário destacar que, nessas animações, as variáveis e/ou parâmetros envolvidos nos fenômenos simulados devem ser facilmente manipulados pelos alunos, para que eles possam construir o aprendizado através das comparações ensejadas pelas mudanças dos parâmetros. Assim, os estudantes terão a oportunidade de desenvolver relações entre os conceitos e deste modo facilitar o processo de aprendizagem.

A utilização do computador na educação, através de animações interativas, pode ajudar também no que diz respeito ao processo de despertar o interesse do aluno (motivação), pois eles estão inseridos neste contexto, através das novas tecnologias como ipods, celulares e tablets, que propiciam interação com as

informações. Então quanto mais interativo for o OVA maior será o interesse do aluno. Destaca Porfiro:

Em nossa experiência de sala de aula, percebemos que os estudantes, hoje, chegam à sala de aula com muitas informações e muitas vezes dominando muito bem a operacionalização destas tecnologias. Não é difícil encontrar, em sala de aula, alunos que dominem muito bem o uso de um computador, por exemplo. Eles estão inseridos neste universo interativo e por ele são atraídos. Percebe-se ainda que quanto mais interativo o programa maior o interesse dos alunos (PORFIRO, 2010).

Uma das vantagens da utilização de OVA no ensino de ciências está em que um contexto tradicional (apresentado de uma forma verbal ou textual) apresenta uma abstração de conceitos complexos e difíceis de visualizar. Em um OVA ele provê a uma formação de duplo canal de informação, a saber, o verbal e o não verbal, como, por exemplo: para definirmos um conceito de quantidade de movimento, numa aula, utilizando apenas a lousa, os alunos teriam apenas um canal de informação, o verbal; porém se utilizarmos um OVA teríamos outro canal, o não verbal, pois apresentaríamos animações mostrando com mais detalhes a natureza vetorial da quantidade de movimento e também simulações interativas fazendo que o aluno passe de espectador para participante do processo. Em estudos recentes foi comprovado que cada canal de informação ajuda no entendimento do abstrato, pois, como demonstra a teoria da codificação dual de Allan Paivio (PAIVIO, 2006), cada canal revela detalhes diferentes para as faculdades cognitivas do aprendiz. Esse ponto é detalhado por Tavares:

Quando usamos esse tipo de *representação múltipla* todas as nuances de determinada ideia (ou conceito) serão transmitidas através dos dois canais... Na medida em que o aprendiz recebe uma informação com várias nuances, a construção de seu conhecimento será mais rica, mais inclusiva. Ademais, como a informação é recebida de maneira associada através dos dois canais, a sua recuperação em um momento posterior é facilitada (TAVARES, 2008, p 98).

No Brasil, para que os OVAs tenham fácil acessibilidade foram criados grupos, que proporcionam meios para que qualquer pessoa tenha acesso aos OVAs produzidos. Este conjunto de OVAs acessíveis num site é chamados de repositório. Dentre eles podemos destacar o Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED), que é um programa desenvolvido pela Secretaria de Educação de Ensino a Distância do Ministério da Educação do Brasil (SEED/MEC), que disponibiliza gratuitamente os conteúdos digitais produzidos com o objetivo de favorecer a aprendizagem das

disciplinas da educação básica. No portal do RIVED na internet estão disponíveis vários OVAs de diversas áreas do conhecimento. Outro que também podemos destacar é o *Banco internacional de objetos educacionais*, que envolve o RIVED, porém é um projeto mais amplo do MEC.

O objeto proposto nesta pesquisa será construído nos moldes dos objetos do projeto RIVED, que estabelecem um processo de planejamento e construção de um OVA entre os quais utilizaremos os seguintes: *design* pedagógico, roteiro, e o guia do professor.

O *design* pedagógico é o ponto inicial para produção de um OVA. Ele apresenta as ideias dos autores como tema central e as estratégias de aprendizagem para o aluno (SILVA 2007), sem pensar nas limitações ou em possíveis dificuldades. Em seguida, e após várias discussões, define-se o que será possível fazer. O *design* traz o plano geral do OVA e as suas primeiras ideias. Depois podem ocorrer mudanças durante o processo de construção.

O roteiro é um instrumento muito importante. Ele é quem vai orientar a equipe de programação e de produção gráfica, pois mostra o que será visto e ouvido na tela: as imagens (se estáticas ou animadas), os sons e textos que deverão estar contido no OVA, ou seja, todo seu *layout*, bem como a sequência de apresentação. O guia do professor é um instrumento que orientará o docente para a utilização do objeto. Ele orientará as ações e permitirá a discussão do conteúdo. O guia apresenta dicas e sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas pelo professor. Devemos deixar claro que todos os elementos do guia serão apresentados como sugestão ao professor, pois este professor deverá ter autonomia para analisar e fazer os devidos ajustes, de acordo com sua própria metodologia e com a realidade de seus alunos.

Após a conclusão dos processos acima citados, deve-se enviar o roteiro para um programador (técnico), com o intuito de elaborar a interface do objeto. Nesta etapa ocorre a adaptação aos meios informáticos do que foi proposto pelo professor autor do objeto, podendo ocorrer nesta parte do processo modificações, devido à interação professor autor e programador. Como relata Porfiro:

O programador limita o cumprimento das exigências do professor e impõe suas opiniões, suas ideias e experiências para ele e conseqüentemente, para o usuário. O professor também pode interferir trazendo suas ideias e conhecimentos durante a construção do software (PORFIRO,2010).

A seguir, com o objeto funcionando, este será submetido a um ou mais grupos de usuários para qual foi projetado e será avaliada sua funcionalidade. Chamamos isto de validação. Fazemos o mesmo para com os professores que o estão aplicando. Só então será avaliado o guia do professor contido no OVA.

Para a nossa pesquisa, devido ao pouco tempo de período de mestrado para construção e validação, não validamos o nosso OVA, mas existe uma boa perspectiva de sucesso na melhoria do processo ensino aprendizagem no ensino de Física, pois estamos sugerindo duas práticas de muita eficiência e bastante pesquisada que são: a HFC e OVA.

3 A crítica de Leibniz a Descartes

A formação dos conceitos físicos não se deu de maneira abrupta, porém, como em todas as áreas, o conhecimento foi construído ao longo da história. Os pesquisadores formulavam hipóteses ou conjecturas a partir de ideias que às vezes pareciam sem nexos e sem fundamento; outras vezes essas ideias emergiam através de observações e experimentos. Cada um defendia suas ideias com seus argumentos, discordando de outros autores e tentando impor seus pontos de vista. Assim, as teorias eram e são formadas (MARTINS, 2006) por tentativas e erros, utilizando ora o empirismo, ora o racionalismo, ora ambos, empirismo e racionalismo. As teorias podem ser bem estruturadas, mas elas não podem de todo ser comprovadas, pois não são infalíveis. Assim, a grosso modo, o conhecimento foi e tem sido construído.

O conceito que hoje temos de energia não foi construído de maneira diferente. Nesta pesquisa, vamos abordar, podemos assim dizer, “uma página” muito importante deste processo, que foi a crítica de Leibniz (1646 - 1716) a Descartes (1596 - 1650), referente à verdadeira força motora. Para Descartes, esta força é a força motriz, que se revela através da conservação da quantidade de movimento, enquanto para Leibniz, é a vis viva. Leibniz fez uso do princípio da identidade entre causa e efeito, segundo o qual a força (causa) deve ser avaliada pelo efeito que esta produz (SILVA e BASTOS FILHO, 1995). Tal grandeza, responsável (causadora) pelos efeitos, Leibniz a denominou de Vis Viva, e esta é o embrião para o desenvolvimento do conceito da energia cinética.

3.1 A conservação da quantidade de movimento de Descartes

Antes de desenvolvermos a visão de Descartes sobre a conservação da quantidade de movimento, é importante destacarmos que a quantidade de movimento de Descartes é diferente do correspondente conceito de Newton, pois Newton o fez utilizando-se da velocidade vetorial, ou seja, uma quantidade de movimento vetorial, enquanto Descartes concebia apenas o valor da velocidade (velocidade escalar). Outro detalhe importante nesta diferença é que Descartes define a sua quantidade de movimento como o produto da *extensão* do corpo, isto é, o seu volume, pela sua

velocidade escalar (JAMMER, 1970; SCHÖNBERG, 1985; BASTOS FILHO, 1986; 1987).

Ainda que reconheçamos que o conceito de Descartes é o de *extensão* quando atribuímos massa no sentido newtoniano a Descartes estamos adentrando numa forma de anacronismo^{1,2,3,4}. Tal atitude, contudo, torna-se aceitável no contexto de uma reconstrução racional cujo objetivo principal é aquele do ensino dos conceitos à luz do conhecimento contemporâneo. Tudo isso, claro está, deve ser feito de maneira sensata e com atenção; logo, os devidos desenvolvimentos históricos devem ser contemplados na discussão, tanto quanto possível. Isso se dá porque o mister do professor de Física não é exatamente igual ao do historiador nem ao do filósofo da ciência. De fato, o professor de Física deve extrair as lições que considera relevantes a partir do estudo atento dos trabalhos de historiadores e de filósofos, mas deve fazê-lo a seu modo, com autonomia, tendo em vista a melhoria do ensino de sua disciplina.

¹ Por anacronismo podemos entender como o procedimento de interpretar feitos históricos de uma dada época à luz de conceitos e teorias que foram engendrados em épocas posteriores. Butterfield chama este procedimento de *Interpretação Whig da História*. Para aprofundar o tema, ver BUTTERFIELD, 1931; CROMBIE, 1983 apud MARTINS, 2001.

² Na primeira frase do capítulo intitulado "The underlying assumption" (Hipótese subjacente) Butterfield escreve: "The primary assumption of all attempts to understand the men of the past must be the belief that we can in some degree enter into minds that are unlike our own". (BUTTERFIELD, 1931). Traduzindo para o português o texto acima teremos: "A principal hipótese para o esforço do entendimento dos homens do passado deve ser a crença de que nós podemos em alguma medida entrar em suas mentes que são diferentes das nossas".

³ Ainda no capítulo, "The underlying assumption" Butterfield assevera: "It is part and parcel of the whig interpretation of history that it studies the past with reference to the present; and though there may be a sense in which this is unobjectionable if its implications are carefully considered, and there may be a sense in which it is inescapable, it has often been an obstruction to historical understanding because it has been taken to mean the study of the past with direct and perpetual reference to the present". (BUTTERFIELD, 1931). Traduzindo para o português o texto acima teremos: "É parte integrante da interpretação whig da história o estudo do passado com referência ao presente. Embora possa haver um sentido em que esta interpretação seja inquestionável, diremos que no caso em que suas implicações sejam cuidadosamente consideradas, e pode haver um sentido em que isto seja inevitável, deparar-nos-emos muitas vezes com um obstáculo para a compreensão histórica, porque o estudo do passado foi entendido com referência direta e perpétua ao presente".

⁴ "O historiador da ciência perderia muito se caísse na tentação de utilizar o conhecimento moderno para avaliar as descobertas e teorias do passado. É precisamente quando ele faz isso que se expõe aos maiores perigos. Como a ciência progride fazendo descobertas e detectando erros, a tentação de considerar as descobertas do passado como meras antecipações da ciência atual e de apagar os erros supondo que não conduziram a parte alguma é quase irresistível. É precisamente esta tentação, que pertence à essência da ciência, aquela que pode algumas vezes tornar mais difícil para nós compreender como se realizaram de fato as descobertas e como as teorias foram pensadas por seus autores em sua própria época; tentação que pode levar à forma mais traiçoeira de falsificação da história". (CROMBIE, apud MARTINS, 2011, p. 116).

Descartes em seu livro “*Les Principes de la Philosophie*” descreve sua visão sobre a verdadeira força motriz. O livro, inicialmente escrito em latim, foi traduzido para o francês com revisão do próprio Descartes, que torna a tradução francesa fiel às suas ideias. Seu argumento sobre a principal força motriz é abordado no capítulo 36, que tem por título “Que Deus é a primeira causa do movimento e que ele conserva sempre uma mesma quantidade no universo”. Veremos que Descartes considera que a causa de todo movimento pode ser tomada de duas maneiras: a primeira, que ele considera como universal, é Deus, afirmando que Deus é *Perfeito, Imutável e Constante*. No ato da *Criação*, Ele imprimiu no Universo uma *Quantidade de Movimento*, que por Descartes concebeu da seguinte maneira:

“Quanto à primeira me parece evidente que ela não é outra senão Deus que com sua onipotência criou a matéria com o movimento e o repouso e que conserva sempre no universo, por sua ação ordinária, tanto de movimento quanto de repouso que ele tinha colocado ao criá-lo. Ainda que o movimento não seja nada mais que uma maneira da matéria que se move, ela tem portanto uma certa quantidade que não aumenta nem diminui jamais, ainda que ela possa diminuir ou aumentar em suas partes... Nós conhecemos também que esta é uma perfeição de Deus, não somente porque ele é imutável em sua natureza, mas ainda que ele age de uma maneira que não muda jamais” (tradução do Cap. 36 parte 2 dos **Princípios da Filosofia**, RENÉ DESCARTES, 1644 Amsterdã.)

A segunda maneira, relata Descartes, é a que faz com que cada parte da matéria adquira aquilo que ela não tinha anteriormente. Essa é a lei da conservação da quantidade de movimento entre os corpos. Ele a descreve da seguinte maneira: quando uma parte da matéria (extensão) aumenta sua quantidade de movimento, outra parte diminuirá na mesma proporção a quantidade de movimento, de tal maneira que a quantidade total de movimento permanecerá constante, pois esta quantidade de movimento foi gerada por Deus, que é Perfeito, Imutável e Constante. Descartes escreveu assim:

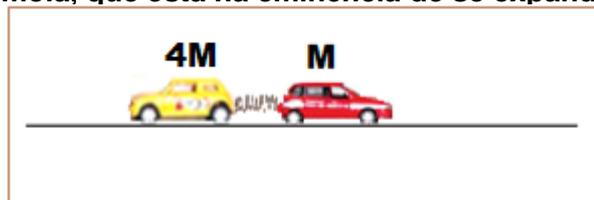
Isto porque, quando uma parte da matéria se move duas vezes mais velozmente que uma outra, e que esta outra é duas vezes maior que a primeira, nós devemos pensar que há tanto de movimento na parte menor quanto na parte maior; e que todas e quantas vezes o movimento numa parte diminui, o movimento de outra parte aumenta na mesma proporção (tradução do Cap. 36 parte 2 dos **Princípios da Filosofia**, RENÉ DESCARTES, 1644, Amsterdã).

Sabemos que a conservação da quantidade de movimento é uma realidade e pode ser comprovada Leibniz concordou com tal fato, com ressalvas, pois ele

dissertou sobre a conservação da quantidade de movimento vetorial, que chamou de *avancement* em francês, para expressar progressão (*progression* em inglês) (LEIBNIZ, In: COSTABEL, 1973, p. 128). Vale ressaltar que a veracidade deste princípio não foi a razão da sua crítica.

Para uma melhor compreensão deste importante conceito, destacaremos um experimento que mostra a conservação da quantidade de movimento em uma dimensão. Aqui lançaremos mão de concepções hodiernas e não propriamente daquelas do século XVII. Consideraremos dois carrinhos, num plano horizontal, que estão interagindo através de uma mola, considerada com massa desprezível. O primeiro carrinho tem massa $4M$ e o segundo massa M ; inicialmente ambos estão parados e a mola se encontra comprimida ao máximo (Ver Figura 1).

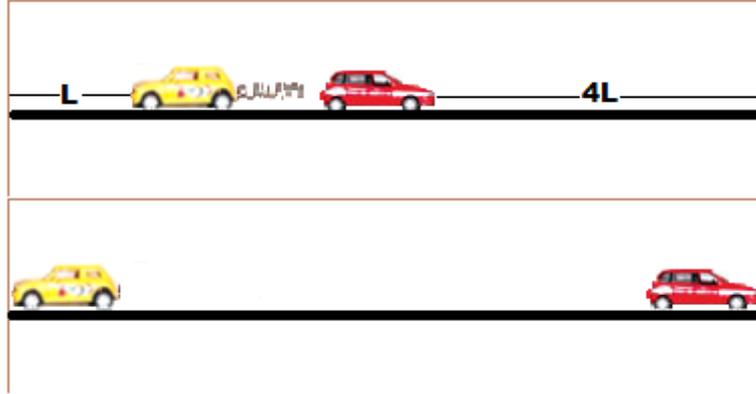
Figura 1 – Carrinhos interagindo com a mola, que está na eminência de se expandir.



Fonte: Autor, 2011.

Com a expansão da mola os carrinhos adquirem num curto intervalo de tempo um movimento acelerado, porém logo após deixam de interagir entre si através da mola (Ver Fig. 3.1b). Concluída esta interação, depois de um certo tempo ΔT o carrinho de massa M percorrerá uma distância $4L$, atingindo um anteparo; para este mesmo intervalo de tempo ΔT , o carrinho de massa $4M$ percorrerá uma distância L , atingindo simultaneamente o outro anteparo (Ver figura 2).

Figura 2 – Quando a mola se expande os carrinhos são empurrados com força de mesmo valor (Ação e Reação); Depois que a mola perde o contato os carrinhos andarão a velocidade s constantes.



Fonte: Autor, 2011.

Vamos analisar o experimento:

Inicialmente os carrinhos estão em repouso, logo as suas respectivas quantidades de movimento são, ambas, nulas. Então a soma das quantidades de movimento linear, que é a quantidade de movimento linear total, será nula.

Durante a interação entre os carrinhos, mediada pela mola, estes variam suas quantidades de movimento até um determinado valor. O intervalo de tempo desta interação é δT .

Logo após esta interação, os carrinhos irão deslocar-se com velocidades constantes. Poderemos determinar a velocidade do carrinho de massa $4M$ depois de um intervalo ΔT , que será:

$$\vec{V}_{4M} = \left(\frac{L}{\Delta T} \right) \vec{i} \quad (1)$$

Semelhantemente, teremos a velocidade do carrinho de massa M depois do mesmo intervalo de tempo ΔT :

$$\vec{V}_M = \left(\frac{4L}{\Delta T} \right) (-\vec{i}) \quad (2)$$

Observemos que as velocidades estão na forma vetorial, no qual os carrinhos têm sentidos diferentes, devido aos sinais contrários dos versores \vec{i} da velocidade de cada carrinho.

A variação de velocidade do carrinho de massa $4M$ durante a interação será de zero (início em repouso) até o valor expresso por (1) e a do carrinho de massa M semelhantemente será de zero até o valor expresso em (2), sabemos que as variações temporais do momento linear ($\delta P/\delta T$) são as forças newtonianas médias que estão agindo nas interações dos carrinhos, logo poderemos determinar a força que atua sobre o carrinho de massa $4M$ e sobre o carrinho de massa M , que vale respectivamente:

$$[\delta(\vec{P})_{4M}/\delta T] = (\vec{F})_{4M} = \{4M[(L/\Delta T) - 0]\vec{i}\}/\delta T \quad (3)$$

$$[\delta(\vec{P})_M/\delta T] = (\vec{F})_M = \{M[(4L/\Delta T) - 0](\vec{-i})\}/\delta T \quad (4)$$

Convém ressaltar que estas forças se referem a forças médias, pois a força varia a cada elongação da mola; porém os valores sobre os carrinhos terão o mesmo valor, mas com sentidos contrários, já que se trata de forças de ação de reação. Logo:

$$(\vec{F})_{4M} = -(\vec{F})_M$$

As quantidades de movimento lineares finais adquiridas por cada carrinho serão:

$$(\vec{P})_{4M} = (4M)(L/\Delta T)\vec{i} \quad (6)$$

$$(\vec{P})_M = (M)(4L/\Delta T)(\vec{-i}) \quad (7)$$

Podemos facilmente observar que a soma vetorial de (6) e (7) será um valor nulo (zero), que nos mostra a conservação da quantidade de movimento linear total do sistema, já que inicialmente era também zero. Logo a quantidade de movimento linear total inicial é igual à quantidade de movimento total final.

$$[(\vec{P})_{4M}]_i + [(\vec{P})_M]_i = [(\vec{P})_{4M}]_f + [(\vec{P})_M]_f$$

$$\Sigma \vec{P}_i = \Sigma \vec{P}_f$$

O experimento relatado é bastante rico em conceitos, inclusive pelo fato de evidenciar, além da conservação do momento linear em uma dimensão, também as três leis de Newton. Quando cessa a interação entre os carrinhos pela mola, os carrinhos continuam a se mover devido à persistência do movimento ou à lei da inércia (1ª lei de Newton). Durante a interação observam-se duas forças de mesma intensidade, mesma direção, porém de sentidos contrários, aplicadas cada uma em carrinhos diferentes, comprovando a lei da Ação e Reação (3ª lei de Newton). Cada carrinho varia sua quantidade de movimento linear, conforme a lei:

$$\vec{F} = \frac{\delta \vec{P}}{\delta T} \quad (2^{\text{a}} \text{ lei de Newton}).$$

Além das três leis de Newton, observamos o princípio da conservação da quantidade de movimento linear numa dimensão. Devido a esta riqueza utilizaremos este exemplo no OVA como uma animação interativa, para que o usuário observe, com detalhes e mais canais de informação, o conceito de quantidade de movimento linear e sua conservação.

Este experimento também nos mostra, as proporções relacionando massas⁵ e velocidades dos dois carrinhos. Este detalhe é importante para o entendimento do Deus Geômetra e de como Leibniz fundamentou sua crítica.

3.2 A crítica de Leibniz a Descartes (A vis viva de Leibniz)

Como dissemos anteriormente, a formação dos conceitos físicos não aconteceu de maneira abrupta, mas de evolução de ideias. A luminosa ideia de Leibniz sobre a vis viva não poderia ser diferente. Podemos destacar conceitos e ideias de outros seminais pensadores que influenciaram Leibniz na formulação da

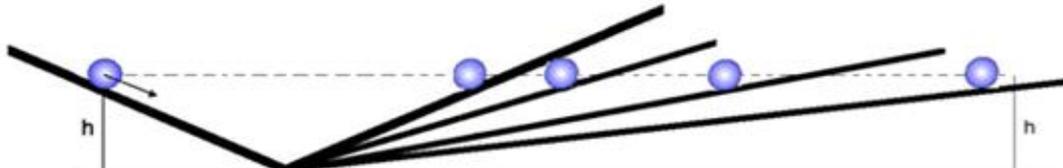
⁵ Tal como foi dito anteriormente, Descartes não tinha o conceito de massa e sim de extensão (volume) do corpo. O conceito de massa foi introduzido por Newton.

vis viva.

Destacaremos dois renomados pensadores do século XVII que influenciaram Leibniz de maneira direta para que ele contestasse Descartes sobre a verdadeira força motor: Galileu Galilei (1564-1642) e Christian Huygens (1629-1695). Galileu em seus *Discorsi* explicita os resultados que obteve, asseverando que a velocidade alcançada no solo por um corpo que cai em queda livre, é a mesma de um corpo que desliza num plano inclinado, qualquer que seja a inclinação, desde que parta da mesma altura h . Este princípio é o da independência da trajetória e foi narrado por Galileu da seguinte maneira: "Os graus de velocidade alcançados por um mesmo móvel em planos diferentemente inclinados são iguais quando as alturas desses planos também são iguais" (GALILEI, *Discorsi*, p. 133).

Ainda sobre Galileu, a lei da queda livre nos revela outro dado que alude à vis viva de Leibniz, pois ela nos mostra que a velocidade alcançada no solo é proporcional à raiz quadrada da altura de queda, $v \sim (h)^{1/2}$, de onde podemos concluir que o quadrado da velocidade é proporcional à altura de queda do corpo, ou seja, $v^2 \sim h$. Esses dois resultados podem ser combinados com o conceito de ímpeto utilizado por Galileu, no qual ele argumentou que o ímpeto de um corpo que deslize a partir de uma dada altura h em um plano inclinado descendente lhe permitirá alcançar a mesma altura h após percorrer um plano inclinado ascendente. No entanto, a altura alcançada não será maior que h (ver figura 3)

Figura 3 – “Do que foi dito podemos deduzir, portanto, que se um móvel após ter descido por um plano inclinado qualquer, tem seu movimento desviado através de um plano ascendente, subirá em virtude em



Fonte: Autor, 2011.

Galileu, em seguida, fez a seguinte pergunta: se eu tivesse um plano horizontal longo, quanto a bola percorreria para atingir a mesma altura? (Ver Figura 4)

Figura 4 – Como a bola tem o ímpeto de subir até a altura inicial e o segundo plano está na horizontal, então o ímpeto fará a bola subir na altura inicial no infinito, ou seja, a bola ficará em movimento contínuo. Isto faz alusão a inércia, que é a tendência dos corpos de permanecerem *ad infinitum* com velocidade constante.



Fonte: Autor, 2011.

Ele mesmo deu a resposta: para sempre – ela nunca atingirá sua altura inicial. Com isso ele estabeleceu o primeiro enunciado sobre a inércia, brilhante vislumbre de Galileu. Reunindo todos esses resultados e conclusões, constatamos que existe uma quantidade causal que se conserva, e esta é proporcional a V^2 . Podemos dizer, apesar de a Física de Galileu ser puramente cinemática, pois utiliza o sistema $L T^{-1}$ (sabemos que o sistema da vis viva é o $M L^2 T^{-2}$), que as ideias de Galileu foram uma precursoras dos conceitos da vis viva e da energia.

Huygens generalizou o princípio da independência das trajetórias de Galileu (SMITH, 2006) para o caso de trajetórias curvilíneas nos movimentos de descida. Essa ideia foi de tal maneira, convincente que Lagrange (1788) deu todos os créditos do princípio da conservação da vis viva a Huygens, sem qualquer menção a Leibniz.

Agora vamos à crítica de Leibniz a Descartes, em seu livro *Discours de Metaphysique*, escrito originalmente em francês descreve como Leibniz argumentou sua crítica⁶:

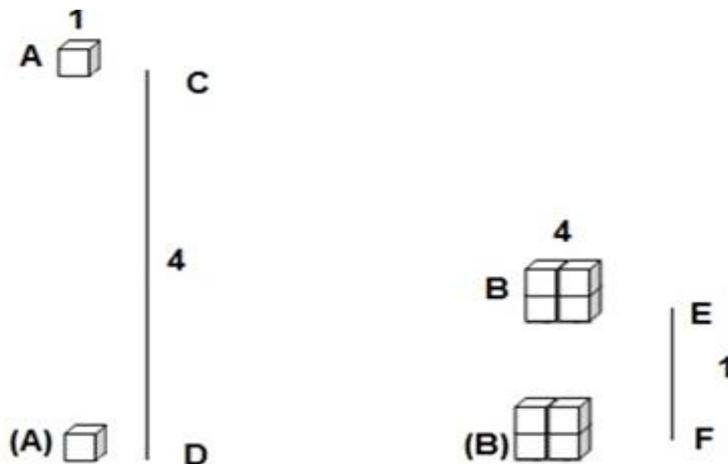
Já várias vezes mencionei máximas subalternas ou leis da natureza e

⁶ Texto original: "Jay déjà souvent fait mention des maximes subalternas, ou des loix de la nature, et il semble quil seroit bon den donner un exemple: Communement nos nouveaux philosophes se servent de cette regle fameuse que Dieu conserve tousjours la même quantité de mouvement dans lê monde. En effect elle est fort plausible, et du temp passe je la tenois pour indubitable. Mais depuis jay reconnu en quoy consiste la faute. Cest que Monsieur des Cartes et bien dautres habiles Mathematiciens ont cru, que la quantité de mouvement, cest à dire la vistesse multipliée par la grandeur du mobile, convient entierement avec la force mouvante, ou pour parler geo-metriquement, que lês forces sont en raison composée des vitesses et des corps. Or il est raisonnable que la même force se conserve tousjours dans lunivers" (apud SILVA, L. A.; BASTOS FILHO, J, B, 1995b).

parece conveniente dar um exemplo delas. Vulgarmente os nossos filósofos modernos se servem desta famosa regra da conservação por Deus da mesma quantidade de movimento. Com efeito, ela parece bem plausível, e antigamente eu a tinha por indubitável. Porém, reconheci depois onde estava o erro. É que Descartes assim como outros hábeis matemáticos acreditaram que a quantidade de movimento, quer dizer, a velocidade multiplicada pela grandeza do móvel, convém inteiramente à força motriz, ou, para falar geometricamente, que as forças estão na razão compostas das velocidades e dos corpos. Ora, é muito razoável a mesma força conservar-se sempre no universo (tradução apud SILVA, L. A.; BASTOS FILHO, J, B, 1995b).

Leibniz no início dava crédito à conservação da quantidade de movimento como sendo a força motriz, porém ele percebeu que havia um engano, e algo mais sutil, que ele chamou de vis viva, que seria a verdadeira força motriz. Ele utilizou um exemplo para contradizer os cartesianos, que foi descrito como está no texto na legenda da figura 5, a seguir ⁷:

Figura 5 – “... Suponho também ser necessário tanta força para elevar um corpo A de uma libra, à altura CD de quatro toesas, quanto para elevar um corpo B, de quatro libras, à altura EF de um toesa. Tudo isso é admitido pelos nossos filósofos modernos” (LEIBNIZ, tradução apud SILVA, L.A.; BASTOS FILHO,J.B. 1995b)



Fonte: Autor, 2012 adaptado de SILVA, L.A.; BASTOS FILHO,J.B. 1995b .

⁷ Escrito no original como: "... Je suppose aussi quil faut autant de force pour elever un corps A dune livre à la hauteur CD de quatre toises, que delever un corps B de quatre livres a la hauteur EF dune toise. Tout cela est accorde par nos nouveaux Philosophes" (apud SILVA, L. A.; BASTOS FILHO, J, B, 1995b).

Podemos observar que Leibniz utilizou um exemplo de proporções geométricas entre o corpo⁸ e a altura a que cada corpo é elevado. Ele assim o fez para mostrar que a dinâmica não se reduz à mera geometria⁹, e que a quantidade de movimento cartesiana não é a verdadeira causa dos efeitos dos movimentos, mas sim a sua "vis viva".

Para efeito didático vamos nos ater a uma linha de raciocínio que utiliza as leis da estática e lei da queda livre, a fim de demonstrar que a causa responsável por elevar um objeto a uma certa altura é proporcional ao produto da massa pelo quadrado da velocidade (esse produto Leibniz chamou vis viva), discordando dos cartesianos, que alegavam ser a quantidade de movimento a verdadeira força motora. Convém salientar que para efeito didático, iremos lançar mão de um anacronismo, pois vamos atribuir o conceito newtoniano de massa aos conceitos de extensão de Leibniz¹⁰ e Descartes, e também vamos considerar a proporcionalidade entre massa e peso que foi estabelecida por Newton no seu trabalho *Principia*. Vejamos então esta linha de raciocínio para explicar a crítica de Leibniz a Descartes:

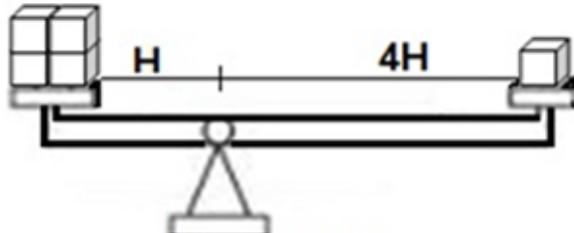
Primeiro vamos nos utilizar do equilíbrio estático numa balança simples. Imaginemos esta com dois pesos, um de peso **P** e outro de peso **4P**, cada um numa extremidade da balança. Logicamente, para se ter equilíbrio, o de peso **4P** tem braço que vai da extremidade até o ponto de apoio, valendo **H**, e o de peso **P** com braço da outra extremidade até o ponto de apoio, valendo **4H** (ver Figura 6).

⁸ Um ponto especialmente sutil precisa ser esclarecido. A figura 5 que é praticamente a mesma figura exibida no capítulo 17 do *discours de Metaphysique* de Leibniz de 1686 exibe a direita um corpo 4 vezes mais extenso (volumoso) sendo elevado a uma dada altura EF e a esquerda um corpo 4 vezes menos extenso que o da direita sendo elevado a uma altura CD que é quatro vezes maior que a altura EF. Da figura transparece que à época Leibniz incorporava o conceito de extensão cartesiana. No entanto após a leitura dos *Principia* de Newton publicados em 1687, tudo parece indicar que Leibniz, em que pese a sua séria divergência com Newton, incorporou deste o conceito de massa. Este importante ponto é discutido em Jammer (1970) e em dos artigos de Oliveira, Fireman e Bastos Filho (2012).

⁹ Na famosa correspondência de Leibniz a Clarke, Leibniz argumentou em uma das cartas que para construir a Matemática basta o princípio da não contradição; no entanto para construir a Física, além do princípio da não contradição, haveríamos de lançar mão do princípio da razão suficiente que assevera o porquê de uma coisa ter que ser de um dado modo e não de qualquer outro modo diferente do primeiro. Trata-se pois de um princípio causal.

¹⁰ Tal como foi dito por Leibniz, segundo vários autores, em um momento posterior passou a incorporar o conceito newtoniano de massa, superando deste modo o conceito cartesiano de extensão.

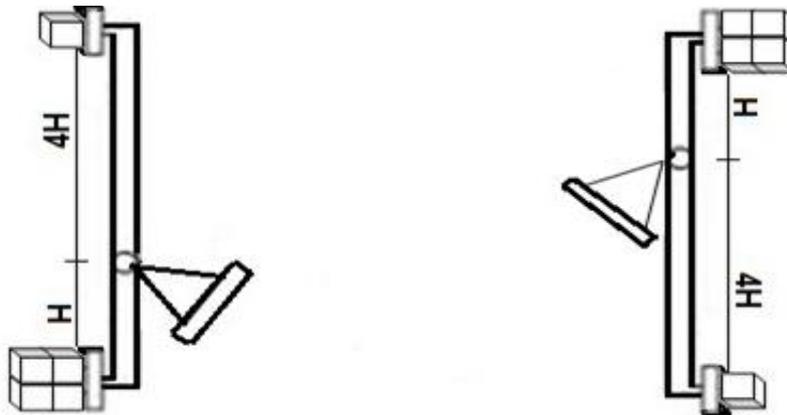
Figura 6 – Uma balança em equilíbrio estático retrata uma proporção geométrica entre os braços de alavanca e os pesos nas extremidades.



Fonte: Autor, 2011.

Segundo, vamos adicionar um peso ínfimo δP a um dos lados da balança; então a balança irá pender para esse lado e o bloco do lado oposto subirá a uma altura que equivale a sua distância ao ponto de apoio. Teremos esta situação: um corpo de peso P a uma altura de $4H$ e um corpo de $4P$ a uma altura de $1H$ (ver figura 7), proporções geométricas entre corpos e altura. Então quem seria responsável pela elevação de ambos os corpos?

Figura 7 – Se adicionarmos um peso ínfimo δP a um dos lados o balanço irá pender para esse lado e o bloco do lado oposto subirá a uma altura, que equivale a sua distância ao ponto ao ponto de apoio.



Fonte: Autor, 2011.

Como vimos, para os cartesianos a grandeza responsável pela elevação dos corpos seria a quantidade de movimento $M.V$, porém para Leibniz seria a vis viva $M.V^2$. Para tal afirmação Leibniz utilizou a lei da queda livre de Galileu, segundo a qual o espaço percorrido em queda livre h é proporcional ao quadrado do tempo de queda t , de acordo com a fórmula:

$$h = \frac{1}{2}g \cdot t^2$$

Podemos, a partir dela, deduzir outra fórmula que relaciona a velocidade em função da altura:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

O valor de **g** significa a aceleração da gravidade local a que os corpos, quando a pequenas alturas da superfície do objeto astronômico, estão sujeitos. Se for a Terra, teremos a aceleração **g_{Terra}**; se for a Lua, teremos **g_{Lua}**; se for Saturno, teremos **g_{saturno}** e assim por diante.

Suponhamos que Leibniz adotou a quantidade de movimento de Descartes como: **P=M.V** e a sua vis viva como **(vis viva) = M.V²**. Vamos determiná-las utilizando a velocidade dos corpos ao tocar o solo, nas duas situações propostas por Leibniz (de proporções geométricas entre corpos e altura), uma do corpo de 4M caindo de uma altura H e a outra de um corpo M caindo de uma altura 4H.

Situação 1 - O corpo de massa 4M caindo de uma altura H:

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$P_1 = 4M \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$(\text{vis viva})_1 = 4M \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot H})^2 = 8M \cdot g \cdot H$$

Situação 2 - O corpo de massa M caindo de uma altura 4H:

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot 4H} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$P_2 = M \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot 4H} = 2M \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$(\text{vis viva})_2 = M \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot 4H})^2 = 8M \cdot g \cdot H$$

De acordo com os resultados podemos concluir:

$$V_2 = 2V_1$$

$$P_1 = 2P_2$$

$$(\text{vis viva})_2 = (\text{vis viva})_1$$

Conforme os resultados, o argumento cartesiano geométrico envolvendo extensões e velocidades falha, pois o corpo 4 vezes mais extenso (situação 1) adquiriu uma velocidade 2 vezes menor, dobrando a quantidade de movimento da situação 2, enquanto que a vis viva permaneceu com o mesmo resultado para as duas situações.

Assim Leibniz pode concluir: “o efeito de levantar um corpo de uma libra até a altura de quatro toesas é o mesmo que o de levantar um corpo de quatro libras até a altura de uma toesa; esse efeito convém à “vis viva” e não à quantidade de movimento cartesiana.” (SILVA, L. A.; BASTOS FILHO, J, B, 1995b).

Podemos avaliar as duas quantidades, P e vis viva, pela quantidade do efeito por elas produzida. Trata-se do que podemos chamar de um princípio da identidade entre causa e efeito, que Leibniz anunciou da seguinte forma: “Por aqui se vê como a força deve ser avaliada pela quantidade do efeito que pode produzir...”¹¹ (LEIBNIZ, 1983).

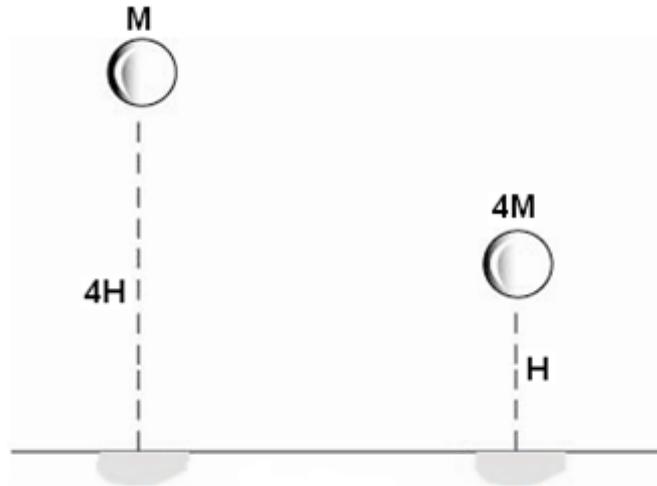
Iremos traçar uma linha de raciocínio, sistematizada nos itens abaixo, para entendermos este importante princípio.

Suponhamos um mundo totalmente mecânico, ou seja, sem dissipações de qualquer ordem, melhor expressando, que a energia mecânica se conserva. Neste mundo todo choque será perfeitamente elástico. Então quando um corpo de massa igual a $4M$, em queda livre, cair de uma altura H , ao colidir com o solo voltará a subir até a mesma altura H . Teríamos um movimento *ad infinitum* de subida e descida; de maneira análoga funcionaria o corpo de massa M caindo de altura $4H$.

Se tratarmos as situações citadas no parágrafo anterior, agora de maneira a transformar numa situação totalmente inelástica de deformar, então as causas de subir e descer poderiam ser substituídas pelos efeitos da deformação causados pelos corpos. Porém adotaremos corpos esféricos de mesmas dimensões, logo teremos o objeto de massa $4M$ com densidade quatro vezes maior que o objeto de massa M (ver figura 8)

¹¹ Escrito originalmente "On voit par là, comment la force doit être estimée par la quantité de l'effect que'elle peut produire..." (LEIBNIZ, 1960).

Figura 8 – Um corpo de massa $4M$, em queda livre, cairá de uma altura H deformando o solo; outro, de massa M , cairá de uma altura $4H$, deformando o solo de material semelhante ao anterior.



Fonte: Autor, 2011.

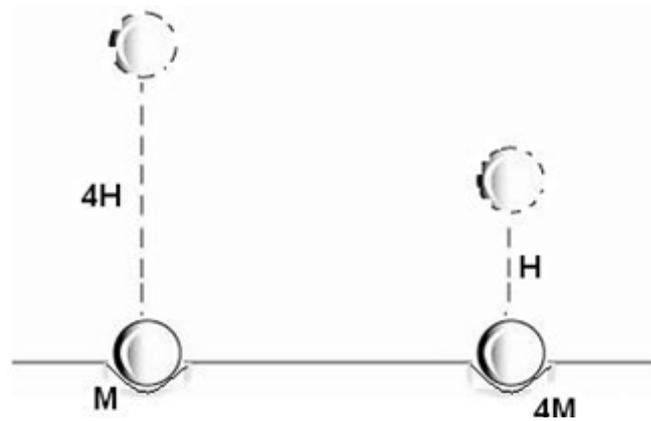
Logo, se a experiência resultar em deformações diferentes, para ser mais exato, se a deformação *causada* pela massa $4M$ caindo de uma altura H for duas vezes maior que a correspondente deformação causada pela massa M caindo de uma altura $4H$, então a causa para produzir tal efeito foi a quantidade de movimento, e os cartesianos teriam razão; porém, se a deformação for a mesma para as duas massas, teremos que a causa para tal efeito foi a vis viva.

O resultado obtido ao substituímos os efeitos de sobe e desce pelos efeitos de deformar foi que a deformação é a mesma, logo a experiência decide em favor da *vis viva*, e não em favor do momento linear, cujo resultado seria o de uma deformação que fosse o dobro da outra (ver figura 9).

Podemos comprovar nas duas situações, a de observar apenas a grandeza que se conserva por meio da lei da queda livre de Galileu, e a de verificar a quantidade do efeito na deformação, que a grandeza que se conserva é a vis viva de Leibniz. Esta comprovação pode ser testada para casos mais generalizados, pois a lei da queda livre de Galileu é particular, para corpos próximos à superfície de corpos astronômicos, já que se aplicarmos a lei geral da gravitação de Newton, encontraremos uma aproximação na ordem de grandeza de 10^{-4} , como demonstraram SILVA e BASTOS

FILHO no seu artigo “ *Which is the ‘True Force’? Descartes’ Quantity of Motion or Leibniz’s Vis Viva?*”

Figura 9 – Quando os dois corpos, nas condições descritas na figura 8, caem sobre um mesmo material, teremos uma mesma deformação deste material.

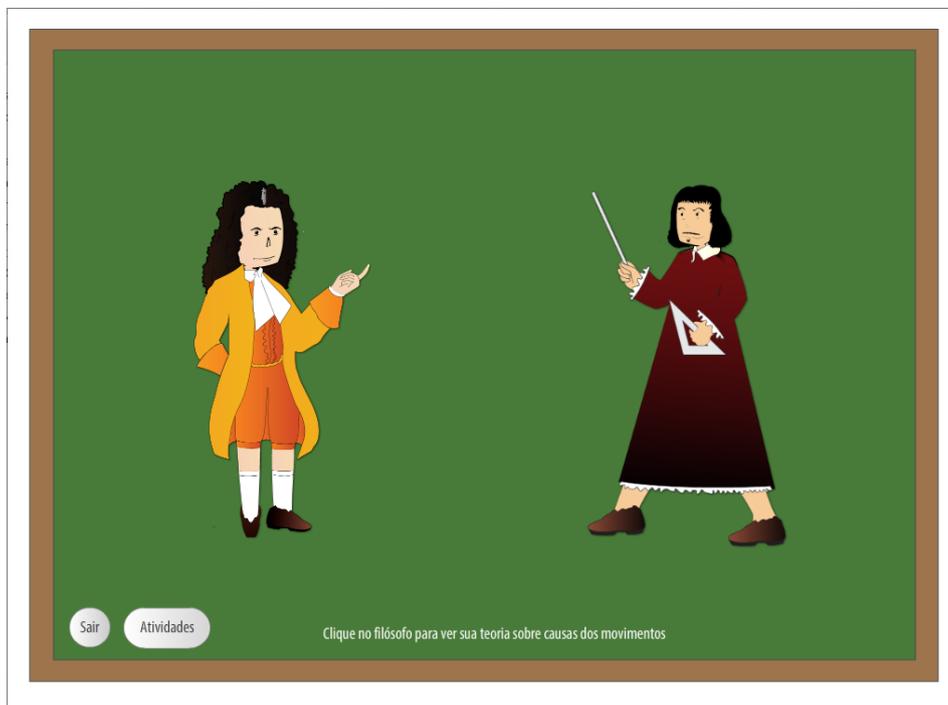


Fonte: Autor, 2011.

4 O Objeto Virtual de Aprendizagem proposto para utilizar no Ensino dos Conceitos de Energia e Quantidade de Movimento utilizando a crítica de Leibniz a Descartes.

O OVA proposto apresentará na primeira tela o Tema; na parte superior: **Quantidade de movimento de Descartes**; no centro: **Vis viva de Leibniz**; e na parte de baixo: **(Crítica de Leibniz a Descartes)**. Logo após aparecerão os dois personagens (Ver Figura 10) caracterizados respectivamente como Descartes e Leibniz.

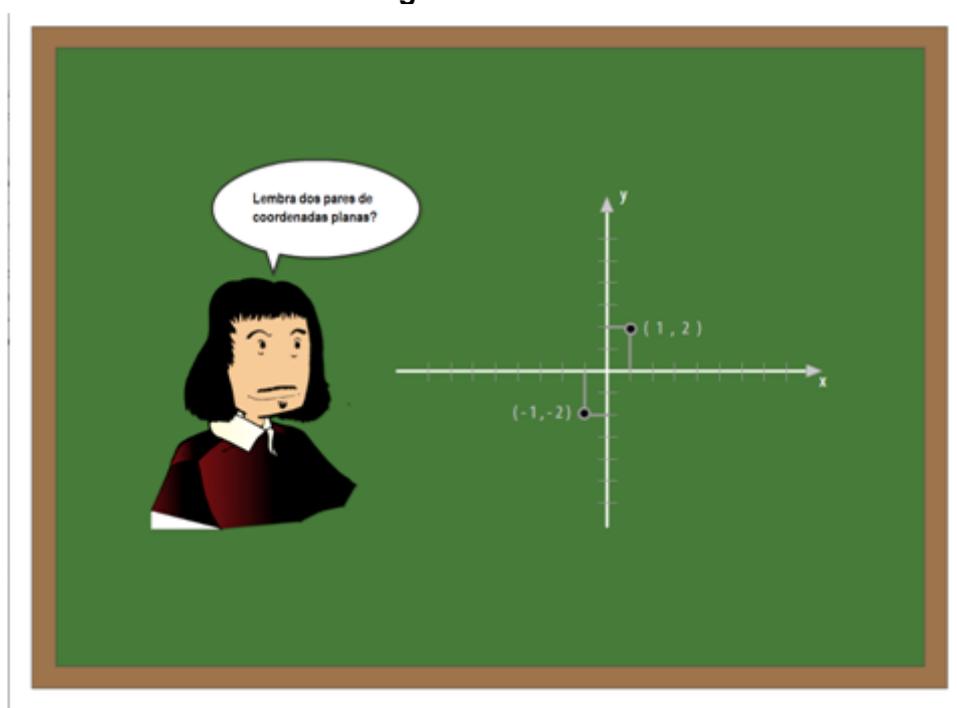
Figura 10 – Descartes à direita e Leibniz à esquerda. Quando clicados veremos as ideias de cada um dos referidos pensadores sobre a verdadeira causa dos movimentos.



Fonte: Autor, 2012

Quando clicados eles se apresentarão (animação) falando um pouco sobre si (fala em balões ou com áudio, para inclusão de especiais), havendo opções para ver textos ou continuar a animação (ver Figura 11). Nos textos correspondentes vamos mostrar mais um pouco sobre cada um deles e suas respectivas concepções de mundo, notadamente no que se refere ao tema em questão. O texto abordará também as contextualizações de suas teorias para a nossa época, esclarecendo como os conceitos científicos envolvidos foram construídos ao longo do tempo.

Figura 11 – Tela de apresentação de Descartes que ele apresenta como criador dos pares de coordenadas planas, que ficaram conhecidas como coordenadas cartesianas em sua homenagem.

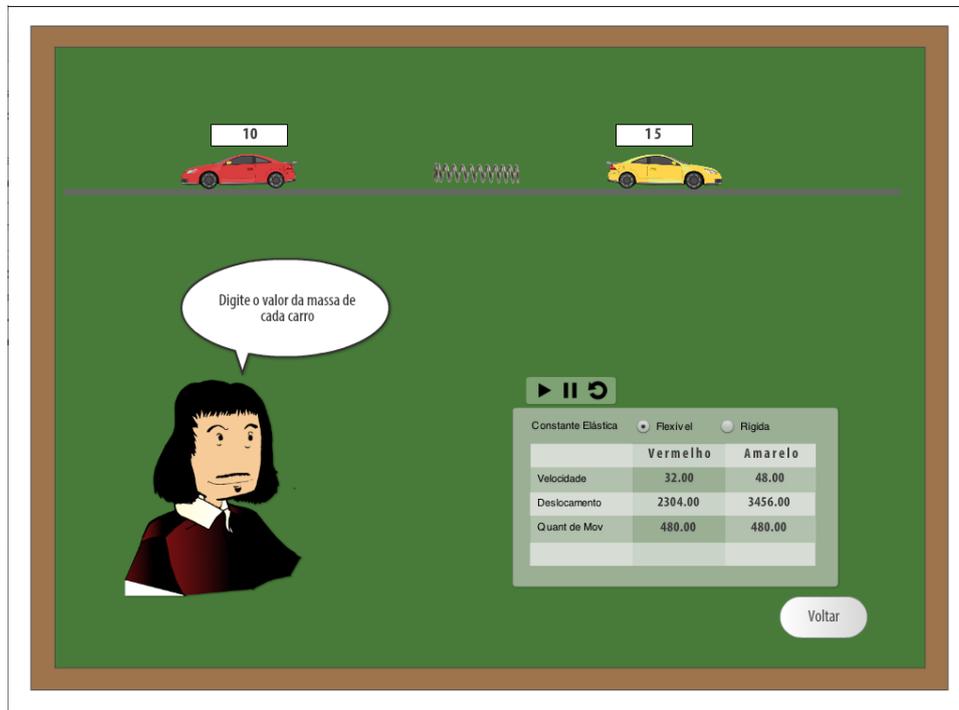


Fonte: Autor, 2012

Na continuação teremos para Descartes uma animação interativa com a imagem de dois carrinhos juntos, com uma mola entre eles totalmente comprimida. O aluno irá interagir com o OVA, dando valores para as massas (ver figura 12);

Ao clicar *play* os carrinhos serão mutuamente empurrados mediante a mola e se deslocarão durante certo tempo δt até um instante final t a partir do qual eles não mais interagem, pois a mola não mais os conecta.

Figura 12 – Tela da simulação dos carrinhos para demonstrar a conservação da quantidade de movimento, defendida por Descartes como força motora



Fonte: Autor, 2012

Adotamos valores de t para molas flexíveis de 0,5s e para molas rígidas de 1,0s, pois sabemos que quanto maior o tempo de interação, maior será a aceleração dos carrinhos. Vejamos como tomaremos os valores das seguintes grandezas: força de interação entre mola e carrinhos, massa, aceleração, velocidade, deslocamento e quantidade de movimento.

Massas (limites)	1,0 Kg a 20,0Kg
Força de interação	$F = 20N$
Aceleração	$a = (20/M) \text{ m/s}^2$
Velocidade	$V = a.t$
Quantidade de movimento	$Q = M.V$

Tabela 1 – Valores das grandezas da simulação de Descartes

Depois, cada carrinho deslocar-se-á com uma dada velocidade constante. O aluno poderá comparar o deslocamento dos carrinhos e suas respectivas

velocidades e quantidades de movimento sob a orientação do professor (tal como sugerido no guia do professor). Então ele chegará à conclusão de que a quantidade de movimento se conservará independentemente das massas que ele vier a colocar e que a velocidade final de cada carrinho após a interação mediada pela mola, será inversamente proporcional a sua respectiva massa.

Na próxima animação teremos um personagem caracterizado como Leibniz (ver Figura 13). Ele fará uma breve contextualização das unidades utilizadas. Após a animação, o OVA apresentará duas opções para o aluno: (1º) Questionamento da teoria de Descartes, (2º) simulação. No questionamento será apresentada uma animação com Leibniz relatando sua linha de pensamento e sua crítica a Descartes sobre a questão da verdadeira 'Força'. Descartes acreditava que a causa de todos os efeitos de movimento era a conservação da quantidade de movimento e defendia que Deus houvera criado no Universo uma certa quantidade de movimento e que esta quantidade se conservaria para sempre, pois se Deus não o fizesse, então Ele manifestaria inconstância, imperfeição e mutabilidade, características estas incompatíveis com o ser perfeitíssimo. Esta era a concepção de um Deus geômetra e de um mundo em que tudo poderia ser explicado por meio da geometria (Descartes, 1952).

Figura 13 – Tela de apresentação de Leibniz, ele se apresenta como Matemático, Filósofo e inventor do cálculo infinitesimal.

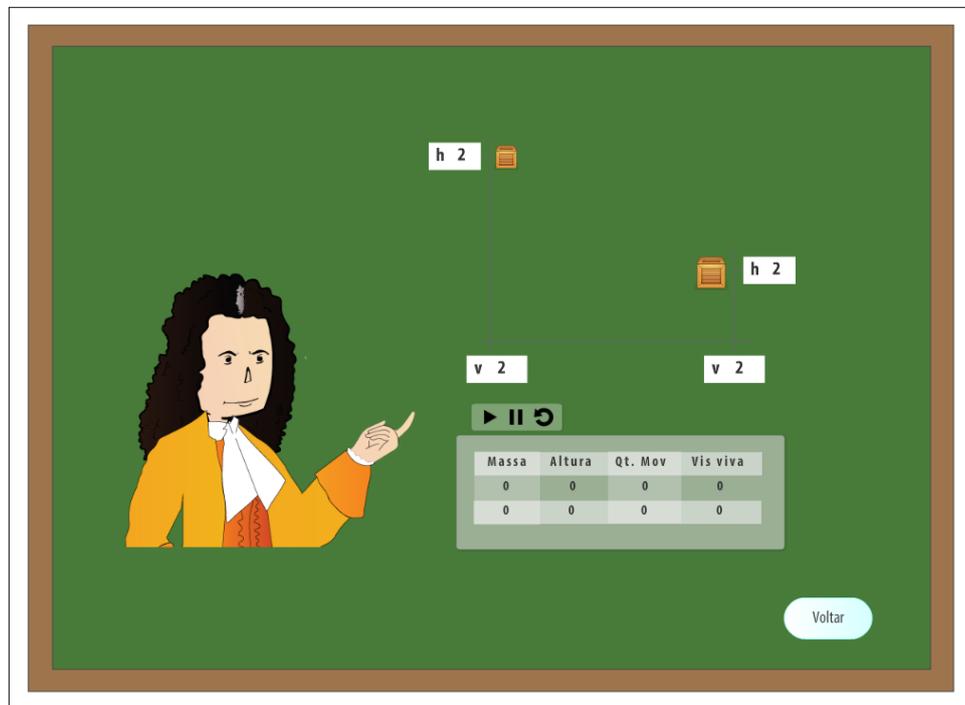


Fonte: Autor, 2012.

Na animação o personagem Leibniz aparecerá com um balão de pensamento contendo uma balança dividida em 5 partes: o ponto de apoio ficará no ponto 4, ou seja, separará um lado com 4 e outro com 1; no extremo de 1 ficará um bloco de 4 cubos padrões e no outro extremo teremos um bloco de 1 cubo padrão. Depois aparecerá o texto, também dentro de um balão de pensamento do Prof. Leibniz (com opção para áudio): *o sistema acima está em equilíbrio (situação geométrica); se colocarmos um ínfimo peso em um dos lados, o balanço irá pender para esse lado e o bloco do lado oposto subirá a uma altura que equivale a sua distância ao ponto de apoio. Vejamos...* Então, pausa de três segundos e aparecerá (efeito desmanchando) a mesma figura anterior dentro de um balão de pensamento, porém com a balança pendendo para um dos blocos, o maior, ou seja, o menor irá subir e o maior descer.

Após dois segundos, será feito o mesmo esquema. Neste caso, invertendo os blocos, ou seja, o bloco maior irá subir e o bloco menor descer. Logo após aparecerá outro balão de pensamento onde teremos uma figura em fundo verde com os dois blocos, o menor à esquerda e a uma altura $4H$, e o maior à direita, a uma altura H , e acima do bloco maior, o seguinte texto (com áudio): *teremos esta situação: um corpo de 1 libra a uma altura de 4 toesas e um corpo de 4 libras a uma altura de 1 toesa, proporções geométricas entre corpos e altura, excelente. Um exemplo típico de Descartes. Então, qual será a causa que faz elevar estes corpos até uma dada altura?* Depois de 2 segundos aparecerão abaixo e à esquerda dois botões (como *link*): simulação e o outro com voltar ao início. Ao clicar simulação aparecerão à direita de Leibniz os elementos da simulação desenhados com as janelas para postar os valores da massa de cada bloco (ver Figura 14). Como Leibniz se utilizou de um exemplo com simetria geométrica entre massa e altura, então as alturas terão os valores das massas do bloco oposto.

Figura 14 – Tela da simulação dos blocos em queda livre para demonstrar a conservação da Vis viva de Leibniz.



Fonte: Autor, 2012.

Depois de acionado o *play*, os blocos cairão e se chocarão com o solo, e se ouvirá um barulho do choque na simulação. Depois iremos analisar nas tarefas que uma parte da dissipação da energia mecânica ocorreu na transformação em energia sonora. Consideraremos o choque dos blocos com o solo totalmente inelástico, ou seja, todo movimento se converterá em deformação do solo. Logo, após o choque no solo, o aluno verá os valores da velocidade final, da Vis viva ($m.V^2$) e da quantidade de movimento ($m.V$), que serão obtidos obedecendo às equações de Galileu para queda livre no vácuo. O aluno comparará esses valores observando que as quantidades de movimento não serão iguais nos casos envolvendo proporções geométricas, mas as Vis vivas serão iguais. A partir disso e orientado pelo professor (tal como sugerido no guia do professor), obterá suas conclusões.

Ao clicar em atividades aparecerá a tela com nome *Atividades*, centralizada, em que por 3s aparece Leibniz e faz as perguntas. As perguntas aparecerão na ordem (uma de cada vez), como estão descritas a seguir:

1. Que aconteceria se os blocos da simulação colidissem com o solo de maneira totalmente elástica?
 - a) Aconteceria a mesma coisa que aconteceu na simulação.
 - b) Eles retornariam até à altura antes de serem soltos.
 - c) Eles subiriam até à metade da altura alcançada.

Após clicar na resposta ele verá se acertou ou não, e então aparecerá outra simulação semelhante à última de Leibniz, entretanto sem as opções de janela para colocar os valores, com uma simulação dos blocos caindo e se chocando com o solo e depois voltando à mesma posição em que foram soltos. Depois aparecerá a frase a seguir: *“solo perfeitamente elástico, ou seja, a energia cinética do choque transformou-se em energia elástica que volta a se transformar em energia cinética”*, abaixo da representação do solo na animação. Após a simulação (que congelará por 4s) aparecerá a prova com as equações matemáticas, utilizando as leis de Galileu.

Ao clicar em continuar aparecerá uma nova tarefa que terá o enunciado e as alternativas descritas abaixo:

2. Por que na simulação da atividade não ocorreu o barulho do choque como apareceu na outra simulação dos questionamentos de Leibniz?
 - a) Não faz diferença se ocorre som ou não.
 - b) O som faria subir mais alto, pois impulsionaria com mais intensidade o bloco.
 - c) O som é um fator de dissipação de energia mecânica; então, como ela se conserva, não ocorreria som.

Aparecerá a resposta correta, o aluno acertando ou não, e a partir daí o professor levará a uma discussão sobre transformação de energia; depois, continuando as atividades, aparecerá a de número 3, descrita abaixo:

3. Coloque V para verdadeira e F para falsa (para discussão em sala):
 - a) “A quantidade de movimento não se conserva em determinadas condições” - foi isso que Leibniz provou. ()

b) Leibniz provou que a vis viva é a causa de os blocos subirem até uma certa altura. ()

c) A teoria de Descartes era consistente porque realmente a quantidade de movimento se conserva em todos os casos. ()

Nesta tarefa iremos discutir algo mais filosófico: sobre as concepções de Descartes sobre a quantidade de movimento e a Crítica de Leibniz a esta concepção.

Nos apêndices serão apresentadas detalhes do processo para a elaboração do OVA. Estes estão contidos no *design* pedagógico e no roteiro.

5 A PROPOSTA PARA O ENSINO DOS CONCEITOS DE ENERGIA E QUANTIDADE DE MOVIMENTO MEDIANTE A CRÍTICA DE LEIBNIZ A DESCARTES NA FORMA DE UM OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

O OVA apresentado foi projetado para ser utilizado no ensino de Física do ensino básico, porém com algumas adaptações (com relação a tarefas e manual do professor) poderá ser utilizado no curso de História e Filosofia da Ciência de formação de professores de Física. Na nossa pesquisa vamos abordar sua utilização para o ensino médio, sugerido para o 1º ano, quando o aluno deverá compreender o conceito de energia, que é um tema mais geral, para construir outros conceitos, porém poderá ser abordado o conceito de quantidade de movimento antes, pois está intimamente relacionado ao tema energia, como mostra a temática histórico-filosófica da Ciência, tratada nesta pesquisa. Tal sequência também é seguida pelos livros de Física do GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - USP).

A aplicação da proposta da temática da nossa pesquisa se baseia no guia do professor, onde está contida uma sugestão de planejamento. Podemos ver nele: objetivos, sugestões de tempo de utilização da temática, dicas para prática de sala de aula, questões para discussões, seja no laboratório de informática ou na sala de aula convencional. Eis a seguir o modelo do guia do professor:

5.1 Guia do professor

Como relatamos anteriormente, o guia apresenta dicas e sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas pelo professor. Isso fica a título de sugestão, e não como obrigatoriedade, porquanto sabemos que uma das propriedades de um OVA é permitir que o professor ajuste sua utilização de acordo com sua própria metodologia e a realidade de seus alunos.

O guia do professor do OVA proposto nesta pesquisa seguirá o modelo que o RIVED sugere. Vejamos como será apresentado ao professor:

5.1.1 Introdução

A temática abordada neste objeto será muito útil para um melhor entendimento de conceitos que possuem um certo grau de abstração para alunos do

ensino médio. Para nossa pesquisa teremos conceitos como o de energia, relação entre quantidade de movimento e energia, transformações de energia, dissipações da energia mecânica e outros que numa abordagem tradicional não dirimem esta abstração. A utilização da história e filosofia da ciência neste OVA se justifica, pois será muito relevante para que os alunos observem com detalhes como foi construído o embrião do conceito de energia cinética e também detalhes da conservação da quantidade de movimento.

5.1.2 Objetivos

Ao final do processo de utilização do OVA, pretende-se que os usuários sejam capazes de:

- Analisar a relação entre velocidade, massa, distância percorrida e quantidade de movimento.
- Compreender que a causa da subida e descida de um corpo chocando elasticamente foi uma das primeiras definições de energia mais próximas da que temos hoje e que seu efeito é a deformação, se todo ele for dissipado.
- Diferenciar quantidade de movimento da vis viva nos fenômenos nos corpos em que ocorra variação de velocidade.
- Entender que o pensamento científico muda com o tempo e que as teorias não são definitivas e irrevogáveis, mas sim objetos de constantes revisões e que a construção dos conceitos da Física aconteceu através de confrontos de ideias ao longo do tempo.

5.1.3 Pré-requisitos

Para uma maior eficiência no processo, sugerimos que o usuário (aluno) esteja cursando no mínimo o 1º ano do ensino médio e que ele já tenha uma noção de Cinemática relacionada à lei da queda livre de Galileu e certo conhecimento sobre as leis de Newton.

5.1.4 Tempo previsto para a atividade

A nossa sugestão é que o objeto seja utilizado antes de iniciar o conteúdo de energia mecânica, mas poderá ser utilizado a qualquer momento, dependendo do

planejamento do professor, pois se ele abraçar a ideia do GREEF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), que inicia com quantidade de movimento (GREEF, 1990), então ele poderá começar a utilizar o OVA logo no início do ano letivo. Sugerimos que a duração para utilização da temática do OVA deve ser de quatro aulas, sendo duas em sala de aula para discussões e atividade, e duas aulas no computador (laboratório de informática), utilizando o próprio OVA.

5.1.5 Na sala de aula

Depois do primeiro momento da sala de informática, poderemos trazer à baila o assunto quantidade de movimento e resolvermos problemas relacionados à quantidade de movimento, sempre destacando que a conservação da quantidade de movimento ocorre para sistemas isolados, ou seja, quando o somatório das forças externas for nulo.

Poderemos já falar sobre um pequeno problema de queda livre e pedirmos que calculem a quantidade de movimento para dois casos onde existem proporções geométricas, e deixarmos que eles pensem por que não ocorreu conservação da quantidade de movimento.

Depois das discussões iniciais, podemos começar a ver as teorias, a observar a teoria de Descartes sobre a quantidade de movimento que se conserva num sistema fechado (como foi visto na simulação dos carrinhos). Analisaríamos que a dedução de Descartes sobre a sua causa motora dos movimentos (a quantidade de movimento) baseava-se na ideia de Deus ser perfeito que houvera criado no Universo uma certa quantidade de movimento que conservaria para sempre. Apreciaríamos então o questionamento de Leibniz, lembrando que Leibniz não foi contemporâneo de Descartes, que a ciência não tem nada absoluto, visto que a ideia de Descartes não resistiu a uma apurada contestação que Leibniz elaborou para uma determinada situação. Todo este processo será testado voltando para as simulações, para mostrar os números que comprovam as afirmações.

Depois da segunda utilização do OVA na sala de informática, retornamos à sala de aula e vamos nos ater às concepções de Leibniz sobre a vis viva.

Fariamos os mesmos cálculos da primeira aula sobre o pequeno problema de queda livre, quando pedimos para calcular a quantidade de movimento para dois casos onde existem proporções geométricas, mas agora vamos calcular a vis viva de Leibniz e comprovar que ela se conserva. Depois estudaríamos a questão das colisões totalmente elástica e totalmente inelástica, que foram adotadas para explicar a concepção de Leibniz sobre a vis viva.

Abordaríamos a vis viva como um embrião do conceito de energia. Sob este prisma questionaríamos como ocorrem os fenômenos estudados na realidade. Como outra atividade, faríamos duas tarefas referentes à conservação de energia em choques mecânicos (colisões).

Dicas para este momento: na ocasião o professor poderá levar a uma discussão sobre as transformações de energia nas colisões e faremos perguntas como: Por que uma bolinha quando cai e toca o solo não volta à mesma altura que foi solta? Ou: Por que quando arremessamos um objeto no chão, ele anda uma determinada distância e depois para? Nas colisões ocorre alguma transformação de energia quando o som é emitido? Que outro tipo de energia também aparece quando uma partícula se choca contra outra, por exemplo, quando o batemos um martelo sobre um prego várias vezes, será que esquenta o prego? Como foi que esse calor apareceu?

Na discussão poderemos concluir que parte da energia mecânica é transformada em energia sonora, energia térmica etc. Ampliando o leque sobre o assunto observaremos que em todos os movimentos que estamos habituados a ver existe a dissipação de energia mecânica.

5.1.6 Na sala de computadores

Esta sala poderá ser o laboratório de informática ou num local onde a turma de alunos possa ter acesso a um computador.

5.1.6.1 Preparação e material necessário

- Propomos que os alunos devam ir, para o laboratório de informática, munidos de papel e lápis para fazer as devidas anotações que se façam necessárias.
- O professor vai necessitar de um quadro para fazer anotações sobre as discussões ou para deduzir algo que não esteja contido no OVA e que ele julgar necessário.
- Sugerimos que a organização da sala seja feita em dupla se o número de computadores for insuficiente para ter um aluno por computador.

5.1.6.2 Requerimento técnico

- Como o OVA foi programado em *flash*, os computadores deverão ter instalados os *flash players* atualizados.

5.1.6.3 Durante a atividade

A primeira abordagem poderá ser logo no computador. Antes de abrir o programa, comentar sobre o que os alunos acham de como uma teoria ou conceito é elaborado pelos físicos, se vem como um passe de mágica ou se é fruto de uma construção de várias ideias e teorias vigentes. *Dicas para este momento: Abrir uma pequena discussão sobre a massa, se na época de Descartes e de Leibniz eles já tinham alguma noção sobre massa, como Descartes utilizava a quantidade de movimento, que hoje sabemos que é quantificada como $M.V$, se Descartes não tinha o conhecimento de massa.*

Depois deste momento inicial sugerimos que abram o OVA, iniciando com Descartes, mostrando sua teoria, levando os alunos ao mundo geométrico. Após destacar a quantidade de movimento, recomendamos que os alunos abordem agora o próprio fenômeno através da animação interativa. sugerindo valores para massas, massas bastante diferentes, depois massas múltiplas. Depois recomendamos mandar os alunos verificarem o que aconteceu com os valores da quantidade de movimento (certamente ela se conservaria), para logo depois perguntar sobre as outras grandezas como a velocidade (velocidade média) e o deslocamento.

No segundo momento (segunda ida ao laboratório de informática), sugerimos que os alunos utilizassem o OVA, destacando a crítica de Leibniz, lendo os textos do

OVA referentes a Leibniz, depois passando para a animação em que a primeira etapa mostra uma linha de pensamento do personagem Leibniz para explicar a crítica de Leibniz a Descartes. Neste momento aconselhamos destacar a proporção geométrica das grandezas, que é uma característica dos cartesianos. Recomendamos, após a utilização da animação interativa de Leibniz, na qual os alunos colocariam valores da massa e da altura de um dos blocos, que eles observassem o efeito causado pela queda dos blocos no solo (com proporções geométricas entre altura e massa). Após os resultados obtidos, seria feita uma análise do processo através da lei de Galileu da queda livre (solicitando aos alunos calcularem algum exemplo de queda livre), verificando as conservações da quantidade de movimento e da vis viva de Leibniz.

Neste segundo momento, as tarefas inseridas no OVA podem ser utilizadas para uma maior discussão filosófica sobre a temática da crítica de Leibniz a Descartes.

5.1.7 Avaliação

A avaliação poderá ser feita durante a atividade no laboratório de informática pela participação de cada aluno com uma dissertação. Nesta pedimos que eles abordem a crítica de Leibniz a Descartes, no contexto filosófico e histórico, e as implicações desta crítica para a ciência.

CONCLUSÃO

Nesta Pesquisa apresentamos uma proposta para o ensino de Física inserindo a história e filosofia da ciência, o que pode trazer vários benefícios para o processo ensino-aprendizagem, pois revela os métodos de investigação científica utilizados pelos pensadores, que são os mesmos métodos de investigação científica no mundo hodierno, revelando nuances que num ensino tradicional não seria possível. Esta importância também é ressaltada nos PCNs de Física e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que estabelece várias habilidades que os alunos devem ter nesta área e salienta que o desenvolvimento da ciência não ocorreu de maneira linear, sem debates, como é apresentado nos livros textos utilizados em sala de aula.

Hoje a tecnologia está presente em todas as áreas e não poderia deixar de ser uma ferramenta para ensino de Física. Sabendo que as discussões dos grandes cientistas (pensadores) ensejam nuances de fenômenos estudados e criticados, propomos o ensino de Física com a utilização de uma TIC muito eficiente, que é o objeto virtual de aprendizagem. Este possui ferramentas que podem ajudar a inserção da história e filosofia da ciência (HFC) no ensino de Física, pois possui as ferramentas necessárias para dirimir as abstrações encontradas nas discussões que estão presentes na HFC. O tema escolhido para a nossa dissertação foi a crítica de Leibniz a Descartes, que implica vários temas de importância no ensino de Física do ensino médio, tais como: Estática, Quantidade de movimento e sua conservação, queda livre e conservação da energia; temas de grande relevância no ensino da mecânica.

A abordagem proposta poderá ser utilizada em qualquer escola que possua um laboratório de informática em que os computadores tenham instalados os *flash players* atualizados, que são instalados via internet gratuitamente.

Nosso OVA não foi validado devido ao tempo, mas, como estamos sugerindo, na utilização destes duas práticas de muito eficiência e bastante estudadas nos dias atuais, HFC e OVA, existe uma grande probabilidade de sucesso na melhoria do ensino de Física na educação básica, que é o principal objetivo do programa de pós-

graduação (PPGECIM-UFAL) em que esta pesquisa está inserida, queremos, entretanto, ressaltar que, com alguns ajustes no planejamento (no guia do professor), o OVA proposto poderá ser utilizado no curso de formação de professores de Física, na disciplina de história da Ciência e ou Filosofia da Ciência.

Esperamos ter contribuído para a melhoria do ensino de Física, pois tal pesquisa, até a data da conclusão desta dissertação, traz uma proposta inédita, que deve ser explorada e testada com o nosso “pontapé inicial”, pois abrange áreas muito extensas para pesquisa, não somente no ensino de Física, mas em qualquer campo da ciência que utilize a HFC.

REFERÊNCIAS

BARRA, E. S. O. Modelos da mudança científica: subsídios para as analogias entre história da ciência e ensino de ciências. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 10, n. 2: p.118-127, Agosto, 1993.

BASTOS FILHO, J. B. Cartesian and newtonian concepts of mass. **American Journal of Physics**, v. 54, n. 3, p. 201-202, 1986.

_____. Coment on letter by H. Erlichson. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 11, p. 969, 1987.

_____. O ensino de conteúdos de história e filosofia da ciência. **Ciência e Educação**, São Paulo: UNESP, v. 5, n. 1, p. 55-72, 1998.

_____. **O que é uma teoria científica?**: uma breve provocação sobre um tema complexo. Maceió: EDUFAL, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília : MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://www.portaleducarbrasil.com.br/UserFiles/P0001/Image/PCNsEnsinoMedio/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 26 Jun. 2010.

BUTTERFIELD, H. **The whig interpretation of history**, 1931. Disponível em: <<http://www.eliohs.unifi.it/testi/900/butterfield/>>. Acesso em: 25 maio 2012.

COSTABEL, P. **Leibniz and dynamics**: the texts of 1692. Ithaca: Cornell University Press, 1973.

CROMBIE, A. C. **Historia de la ciencia**: de San Agustin a Galileo. Madrid: Alianza, 1983.

DESCARTES, R. **Les principes de la philosophie, in oeuvres et lettres**, Andre Bridoux. Paris: Bibliotheque de la Pleiade, 1952. Originalmente publicado em 1644.

DIAS, P. Hipertexto, hipermídia e mídia do conhecimento: representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na web. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 13, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/374/37413107.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, set. 2003.

GALILEI, G. **Duas novas ciências**. Trad. de L. Mariconda; P. R. Mariconda. São Paulo, Ched Editorial / Nova Stella / Instituto Italiano di Cultura, 1985 [livro originalmente publicado em Leiden, Holanda, 1638 com o título *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla Meccanica ed ai Movimenti Locali*].

GONÇALVES, L. de J. **Uso de animações visando à aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5581>>. Acesso em: 22 jun. 2010.

GRACINDO, H. B. R. **Objetos digitais de aprendizagem: uma ferramenta para o ensino**. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação Brasileira) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: <http://bdtd.ufal.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=737>. Acesso em: 24 Jun. 2010.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DE ENSINO DE FÍSICA. **Física 1: mecânica/ GREF** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1990.

JAMMER, M. **Concepts of space: the history of theories of space in physics**. 2. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1970.

KONRATH, M. L. P. et al. “Nós no mundo”: objeto e aprendizagem voltado para o 1º ciclo do ensino fundamental. **RENOTE - Revista de novas Tecnologias na Educação**. v. 4, n.1, p. 1-8, 2006. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza, 1979.

LEIBNIZ, G. W. Discurso de metafísica. In: _____. **Tratados fundamentais: primera serie**. Buenos Aires: Losada, 1946.

_____. Discurso de metafísica. In: **Newton/Leibniz**. Tradução de Marilene Chauí. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os Pensadores)

_____. Discours de Metaphysique. In: _____. **Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz**, 1960, v. 4, p. 427-463.

MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da física: um manifesto historiográfico. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_113.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2012.

_____. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 21-34.

MAGALHÃES, M. de F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 489-496, 2002.

NUNES, E. dos R. **Ensino de conceitos físicos no ensino médio e as contribuições dos objetos de aprendizagem**. 2011. Tese (Doutorado em Educação)– Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011, Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-28062011-093129/publico/Eliana_Nunes.pdf>. Acesso em: 1 set. 2011.

PAIVIO, Allan: **Dual coding theory and education**. University of Western Ontario, 2006. Disponível em: <<http://www.readytolearnresearch.org/pathwaysconference/presentations/paivio.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2010.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PORFIRO, L. D. **O processo de criação de objetos virtuais de aprendizagem no Instituto de física da Universidade Federal de Goiás**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2010. Disponível em: <http://www.sistemasconsultoria.com.br/mecm/Diss_LeandroDanielPorfiro.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2011.

REDE Interativa Virtual de Educação (RIVED): portal. Disponível em: <<http://www.rived.mec.gov.br>>. Acesso em: 10 out. 2011.

SILVA, L. A; BASTOS FILHO, J. B. Which is the “true force”? Descartes' quantity of motion or Leibniz's *vis viva*? of Third INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING CONFERENCE, 3th, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis, 1995a. . v. 2, p 1068-1079.

_____. Crítica de Leibniz concernente ao problema da "verdadeira" força, **Scientia**, São Leopoldo: v. 6, n. 1, p. 65-88, 1995b.

SILVA, R. M. G.; FERNANDEZ, M. A. Recursos informáticos projetados para o ensino de ciências: bases epistemológicas implicadas na construção e desenvolvimento de objetos de aprendizagem. In PRATA, C. L., NASCIMENTO, A. C. A. A. (Org.) **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico**. Brasília, DF: MEC/SEED, 2007. p. 123-133.

SMITH, G. E. The *vis viva* dispute: a controversy at the dawn of dynamics. **Physics Today**, p. 31-36, Oct. 2006.

SCHÖNBERG, M. **Pensando a física**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1985.

TEIXEIRA, Paulo Marcelo M. A Educação Científica sob a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

VALENTE, J. A. Informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica. In: _____. (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VANNUCCHI, A. I. **História e filosofia da ciência**: da teoria para sala de aula. 1996. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996, Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-15062005-164939/publico/tese.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2011.

WILEY, D. A. **Connectting learning objects to instructional design theory**: a definition, a methaphor and a taxonomy. 2000. Disponível em:
<<http://reusability.org/read>>. Acesso em: 1 Maio 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Design Pedagógico – Energia na História e Filosofia da Ciência

Objeto de Aprendizagem: Energia Vis viva de Leibniz

1. Escolha do tópico

O que o aluno para o qual você está planejando esse objeto de aprendizagem acharia de interessante neste tópico?

Através do desenvolvimento deste tópico, o aluno acharia interessante compreender os conceitos relacionados à energia e sua conversação, como também entender a história correspondente e as implicações epistemológicas pertinentes. Com o domínio desta teoria, o aluno acharia interessante usá-la para compreender os fenômenos do cotidiano relacionados com energia e que servirão como conhecimento prévio para o aprendizado de assuntos relacionados com energia.

Que exemplos do mundo real podem ser utilizados para engajar os alunos dentro deste tópico?

Serão usados exemplos: 1º- que mostram o conceito de Vis viva (energia) e como esse se diferencia do conceito de quantidade de movimento; 2º - que mostram que, segundo Leibniz, a grandeza causadora dos efeitos de elevar um corpo até uma dada altura e o de deformar os corpos constitui-se na vis viva (energia) e não na quantidade de movimento.

O que pode ser interativo neste tópico?

As animações relacionadas ao conceito de quantidade de movimento, a conservação da vis viva (energia) e a comparação dos efeitos da quantidade de movimento e da conservação da energia.

Descreva algumas aplicações do mundo real que requerem o conhecimento deste conteúdo.

Compreender como se desenvolvem os conceitos científicos, que a ciência não é algo que vem por um estalo¹², mas uma evolução de teorias e que não é uma coisa absoluta ou estática, pois está em desenvolvimento, ideia usada por pesquisadores científicos.

¹² Os estalos (*insights* abduativos) provavelmente existem, mas apenas se manifestam naquelas pessoas que trabalharam e pensaram dura e longamente nos assuntos em que tais estalos emergem.

O que tem sido feito nessa área? Você tem conhecimento de abordagens interessantes para o tema proposto no seu objeto de aprendizagem? Em sua pesquisa na web, você encontrou algum material interessante para o uso do computador?

Existe muita coisa sobre objetos de aprendizagem no tema energia, porém sobre a utilização da história e filosofia da ciência sob este enfoque, nada encontramos nos repositórios de objetos de aprendizagem que abordem o tema desta maneira.

Repositórios Nacionais:

[<http://www.rived.mec.gov.br>|www.rived.mec.gov.br]

[<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>|objetoseducacionais2.mec.gov.br]

[<http://www.proativa.vdl.ufc.br>|www.proativa.vdl.ufc.br]

[<http://www.nuted.ufrgs.br/objetos/>|www.nuted.ufrgs.br/objetos/]

[<http://julcirocha.wordpress.com/2009/05/21/repositorios-de-objetos-de-aprendizagem-disponiveis-na-internet/>]

[<http://julcirocha.wordpress.com/2009/05/21/repositorios-de-objetos-de-aprendizagem-disponiveis-na-internet/>]

<http://www.dominiopublico.gov.br>

<http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/cestadescr.html>

<http://www.nuted.edu.ufrgs.br/objetos/>

<http://www.portaldoprofessor.mec.gov.br>

<http://www.labvirt.fe.usp.br/>

<http://www.klickeducacao.com.br>

<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/index.php>

<http://www.ib.usp.br/microgene/index.php?pagina=atividades>

<http://sites.unifra.br/Default.aspx?alias=sites.unifra.br/rived>

http://nautilus.fis.uc.pt/mn/p_index.html

http://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/fabrica_virtual/

http://www.educarede.org.br/educa/index.cfm?pg=ensinar_e_aprender.turbine_principal

Repositórios Internacionais:

<http://stanfordocw.org>

<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>

http://www.sciencenetlinks.com/resources_list.cfm?Grade=9-12&BenchmarkID=5

<http://www.intute.ac.uk/>

<http://www.wisc-online.com/>

<http://www.ucalgary.ca/commons/careo/>

<http://www.profetic.org/spip.php?rubrique19>

2. Escopo do módulo

Defina o escopo do objeto de aprendizagem. O que será coberto no objeto de aprendizagem? O que não será coberto?

Será coberto no módulo uma definição de energia do século XVIII que veio da Crítica de Descartes a Leibniz, contribuindo para a construção do conceito de energia que temos em nossos dias. Também será coberto a definição de quantidade de movimento, relacionando-a com a visão de Descartes sobre o mundo geométrico. Na aplicação da crítica de Leibniz a Descartes serão apresentadas as leis de queda livre de Galileu.

Não serão cobertos detalhes sobre quantidade de movimento, nem detalhes sobre trabalho de uma força.

O que os alunos devem aprender a partir desse objeto de aprendizagem? O que os alunos deverão ser capazes de fazer após completarem esse objeto de aprendizagem?

Ao final deste módulo pretende-se que os usuários sejam capazes de definir que a causa da subida e descida de um corpo chocando-se elasticamente no solo ideal foi uma das primeiras definições de energia mais próximas da que temos hoje, e que seu efeito no curso de uma colisão 100% inelástica é a deformação, se todo ele for dissipado. Que a quantidade de movimento é algo que existe na natureza, porém só é conservativo para sistemas isolados, Que a filosofia e a história da ciência revelam que a ciência é algo dinâmico e não algo acabado e não irrefutável.

3 Interatividade

Sem pensar nas limitações de tempo e custo de produção, o que você gostaria de

produzir para ensinar aos professores os conceitos que fazem parte do seu módulo?
Se você pudesse criar um laboratório virtual, o que ele proporcionaria aos alunos?
Deixe fluir suas ideias.

A ideia básica é construir uma sala na qual há dois personagens: um que representará Descartes e irá acompanhar o usuário na demonstração de sua teoria do mundo geométrico, e outro que representará Leibniz e irá acompanhar o usuário na sua crítica à teoria de Descartes. Ao clicar no personagem o usuário será levado ao conteúdo que o personagem defende, onde haverá textos, animações interativas e atividades.

Como você planeja ensinar aos alunos os conceitos do seu objeto de aprendizagem? O que você considera importante que os alunos façam para aprender esse conteúdo? (agora estamos falando do que você quer que os alunos façam, o que é diferente do que você pretende que eles aprendam, da seção anterior). Seja específico: os alunos devem desenhar gráficos usando diferentes parâmetros? Discutir conceitos com outros colegas? Converter equações para curvas? Aplicar conceitos em exemplos de vida real? Participar num experimento virtual?

Eles serão ensinados através da análise de situações apresentadas nas animações interativas, nas quais irão comparar os valores em situações iniciais e finais para ver se existe ou não conservação da(s) grandeza(s) apresentada(s) na animação. Através da leitura dos textos disponíveis eles irão analisar como foram elaborados os conceitos e as conclusões dos filósofos sobre tais conceitos.

Como esse objeto de aprendizagem vai aproveitar as vantagens do computador?

O uso do computador vai possibilitar a concretização de conceitos e processos abstratos por meio de analogias. Com as animações e ilustrações será possível a visualização e a manipulação de tais processos.

Defina os objetivos gerais do objeto de aprendizagem (competências e habilidades).
O que você espera que os alunos aprendam (ver a seção de escopo do objeto de aprendizagem).

Compreender que a causa da subida e descida de um corpo chocando elasticamente foi uma das primeiras definições de energia mais próximas da que temos hoje, e que seu efeito é a deformação se todo ele for dissipado.

Entender que o pensamento científico muda com o tempo e que as teorias não são definitivas e irrevogáveis, mas objetos de constantes revisões. Que a construção dos conceitos de Física se deu através de confrontos de ideias ao longo do tempo.

Quais estratégias e atividades atendem a cada objetivo proposto?

Para todos os objetivos serão utilizados exemplos, leituras e animações interativas.

Que outros recursos seriam úteis nas páginas web do objeto de aprendizagem (glossário, calculadora)?

Links para textos que abordem a temática

Identifique as seções do objeto de aprendizagem onde serão necessários recursos adicionais como: textos, vídeos, web sites, outros módulos.

Não há seções.

4. Atividades

1. Considere as ideias que você gerou até aqui e proponha atividades que gostaria que o aluno fizesse. Comece a escrever alguns detalhes sobre o que você quer que os alunos façam para aprender os conceitos propostos nesse objeto de aprendizagem. Faça sketches de suas ideias. Não se preocupe com o roteiro da atividade, layout ou se as ideias são realistas ou não para o programador produzir. Aqui, o importante é identificar a maior funcionalidade desejada, assim como as ações que você quer que os alunos sejam capazes de desempenhar nas atividades do computador.

O aluno deverá colocar valores para as grandezas que aparecerão nas animações interativas e analisar os fenômenos apresentados nas duas animações interativas:

I- Observar os valores finais obtidos na quantidade de movimento, verificando se esta grandeza se conservou ou não, relacionando com a teoria de Descartes sobre o mundo regido pela geometria.

II- Observar os valores finais obtidos na quantidade de movimento e da energia mecânica proposta por Leibniz (a vis viva), verificando se esta se conserva ou não, relacionando com a Crítica de Leibniz a Descartes.

Essas relações deverão ser colocadas em um texto que deverão escrever e onde colocarão os resultados obtidos e relacionarão com as ideias dos pensadores (Descartes e Leibniz) que foram esplanadas em textos colocados no Objeto de aprendizagem e *links* de páginas que contenham o tema abordado. Também conterà um questionário que abordará principalmente a História e a filosofia da dos conceitos abordados.

2. Considere cada ideia para as atividades. Ela ensina apenas um conceito? Ela pode ensinar três ou quatro conceitos se abordados em outras perspectivas (a atividade pode ser reutilizada num contexto diferente?).

As atividades propostas ensinam basicamente dois conceitos: quantidade de movimento e energia mecânica; porém, dentro destes, estão incluídos outros conceitos, tais como: força, estática dos corpos, leis de queda livre de Galileu, visões de mundo de pensadores (filósofos) na formação dos conceitos.

3. As atividades permitem espaço para serem exploradas além das fronteiras de suas ideias originais? Ou os alunos estão confinados a um caminho predeterminado?

Como relatado na questão anterior, podemos criar várias opções para desenvolver outras linhas de ideias, como dar ênfase ao estudo da filosofia e história da ciência, ou dar ênfase apenas à verificação dos fenômenos para comprovar se existe conservação das grandezas apresentadas no objeto de aprendizagem.

4. Como as atividades devem ser conduzidas e organizadas (em que contexto individualmente ou em grupo)?

Não há restrições ao número de pessoas realizando as atividades simultaneamente. Deixamos a escolha para aquele que orienta a atividade e suas condições de trabalho.

5. Como os alunos serão motivados a fazer as atividades?

A motivação virá pela atratividade das animações interativas e pela necessidade de:

- I- Entendimento de como a Física se desenvolve e se desenvolveu durante a história.
- II- Compreender o conceito de energia mecânica, que nas aulas convencionais (lousa e livro didático) tem um alto nível de abstração.

6. Como os resultados das atividades serão avaliados?

Por meio de discussões entre os participantes e o mediador educacional. Como não há um único caminho a ser seguido, a discussão servirá para verificar as possíveis inconsistências entre o resultado da atividade e os fundamentos das ideias de Descartes e Leibniz.

7. Quais as questões para reflexão ou questões intrigantes ou provocativas que se aplicam a cada atividade?

A provocação surge do desafio de colocar em prática aquilo que foi visto em teoria.

8. Que benefícios as atividades no computador vão trazer para os alunos em oposição às aulas tradicionais e livros textos?

A visualização e a manipulação de conceitos abstratos.

9. Quem mais pode se interessar por este objeto de aprendizagem? (Considere os professores de sua área de outras séries e os professores de outras áreas).

O objeto de aprendizagem pode interessar a professores de diferentes níveis de ensino e áreas de conhecimento, tais como professores de História e Filosofia da Ciência dos cursos de formação de professores, bem como pode chamar a atenção de equipes de produção que trabalhem com objeto de aprendizagem, como também de estudiosos e pesquisadores da área.

**APÊNDICE B - Roteiro de produção do objeto virtual de aprendizagem -
Energia na História e Filosofia da Ciência**

Objeto de Aprendizagem: Energia força Vis viva

<p>Título da animação: Tela de Abertura</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 1</p>
<p>Texto: Quantidade de movimento de Descartes</p> <p style="text-align: center;">Vis viva de Leibniz</p> <p style="text-align: center;">(Crítica de Leibniz a Descartes)</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>Ver figura 1</p>

Explicação sobre a ação:

- *Em fundo (cor ou foto) aparece o texto abaixo:*

Quantidade de movimento de Descartes acima

Vis viva de Leibniz meio

(Crítica de Leibniz a Descartes) abaixo

Com o fundo de tela em Quadro verde de sala de aula

- Logo após 3s, abrir a segunda tela

<p>Título da animação: Menu Principal</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 2</p>
<p>Texto:</p> <p>Clique no filósofo para ver sua teoria sobre causas dos movimentos</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>Ver figura 2</p>

Explicação sobre a ação:

Em fundo.....

Temos dois personagens que representam Descartes e Leibniz, fazendo a saudação (no balão): “seja bem-vindo!”

*Detalhes da figura do professor na figura 2

Logo abaixo dos personagens e centralizado, o texto: **Clique no filósofo para ver sua teoria sobre causas dos movimentos**

Bem abaixo e no canto esquerdo, a palavra SAIR (como *link* para sair do programa), e abaixo desta ATIVIDADE (como *link* para ir a página de atividades).

<p>Título da animação: Apresentação de René Descartes</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 3</p>
<p>Texto: René Descartes</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>Ver figura 3</p>

Explicação sobre a ação:

Ao ser clicado Descartes, o personagem Descartes fica sozinho e aparece um fundo de tela com símbolos de geometria (ver detalhes na figura 4). Descartes fala (no balão):

Cada balão aparece e fica por 8s em média, desaparecendo e aparecendo o balão seguinte.

1º balão “Eu sou René Descartes, filósofo e matemático”;

2º balão: “Você deve ter ouvido falar de mim”;

3º balão: “Lembra dos pares de coordenadas planas?”;

4º balão: Mostra os eixos de coordenadas x e y com dois pontos plotados A (1,2) e B(-1, -2);

5º balão: ”Que ficou conhecida como coordenadas cartesianas em minha homenagem”;

6º balão: “Para mim tudo na natureza é explicado geometricamente”;

7º balão: “Venha comigo ver os textos e as animações”;

Ao terminar a fala aparecem no lado direito botões com a palavra Textos e outro com a palavra simulação.

<p>Título da animação: Apresentação de Gottfried Wilhelm von Leibniz</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 4</p>
<p>Texto: Leibniz Gottfried</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>Ver figura 4</p>

Explicação sobre a ação:

Ao ser clicado Leibniz, o personagem Leibniz fica sozinho e aparece um fundo de tela com nomes: Vis viva e Quantidade de movimento, e Leibniz fala (no balão). Também teremos áudio de sua fala:

Cada balão aparece e fica por 8s em média, desaparecendo e aparecendo o balão seguinte.

1º balão “Eu sou Leibniz, filósofo e matemático”;

2º balão: “Sou mais conhecido por ter descoberto o cálculo infinitesimal”;

3º balão: “Mas divido este feito com Newton”;

4º balão: Mostra os símbolos da derivada dx/dt ;

5º balão: “Para mim o que se conserva é a vis viva”;

6º balão: “Que é um embrião do conceito moderno de energia”;

7º balão: “Venha comigo ver os textos e as animações”;

Ao terminar a fala aparecem no lado direito botões com a palavra Textos e outro com a palavra simulação.

<p>Título da animação: Texto de René Descartes</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 5</p>
<p>Texto: René Descartes e o mundo geométrico</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>O texto aparecerá num quadro verde de sala de aula</p>

Textos:

Ao clicar em textos na tela 03 aparecerá essa nova tela com o seguinte texto

Descartes (1596 - 1650)

O livro de Descartes para o referido assunto: *Les Principes de la Philosophie (originalmente-Principia Philosophiae)*

A linha de argumentação de Descartes é a seguinte: Deus é *Perfeito, Imutável e Constante*. No ato da *Criação*, Ele imprimiu ao Universo uma *Quantidade de Movimento*. Essa se conserva sempre; do contrário Ele não manifestaria *Perfeição, Imutabilidade e Constância*. Quando alguma parte da matéria (extensão) adquire uma maior quantidade de movimento, uma outra parte, necessariamente, diminuirá a sua correspondente quantidade de movimento, de tal maneira que a quantidade total

permanecerá a mesma que a impressa pelo Criador no ato da Criação. Descartes acreditava num *Deus Geômetra* (*Silva e Bastos, 1995*).

Obs: Na época de Descartes ainda não era conhecido o conceito de massa, porém Descartes utilizava para isso extensão do corpo.

<p>Título da animação: Simulação de René Descartes</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 6</p>
<p>Texto: René Descartes e a conservação da quantidade de movimento</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>Ver figura 5</p>

Clicando em simulação da tela 3, veremos abrir uma sala com o personagem Descartes abaixo e à direita ao seu lado, e acima um painel onde aparecerão as ilustrações do que ele falará. No princípio ele irá relatar a contextualização de sua teoria para os nossos dias, falando através de balão, e também teremos áudio de sua fala. De início ele irá falar em francês, depois pedirá desculpas e falará em português. (Cada balão aparece e fica por 8s em média, desaparecendo e aparecendo o balão seguinte).

1º balão “Na minha concepção a grandeza”

3º balão “responsável pelos movimentos no mundo”

4º balão “é a quantidade de movimento.”

5º balão “Deus é perfeitíssimo, imutável e constante. ”

6º balão “Quando Deus criou o mundo imprimiu nele”

7º balão “uma dada quantidade de movimento.”

- 8º balão “Se esta dada quantidade de movimento”
- 9º balão “não se conservasse Deus seria”
- 10º balão “imperfeito, instável e inconstante,”
- 11º balão “o que seria absurdo.”
- 12º balão “A quantidade de movimento de cada corpo”
- 13º balão “é o produto de sua extensão pela sua velocidade.”
- 14º balão “Se uma parte do universo aumenta”
- 15º balão “sua quantidade de movimento,”
- 16º balão “outra parte tem que diminuir”
- 17º balão “na mesma proporção.”
- 18º balão “Na simulação a seguir”
- 19º balão “iremos, para efeito didático”
- 20º balão “adotar um anacronismo.”
- 21º balão “Você sabe o que é um anacronismo?”
- 22º balão “É um procedimento de interpretar”
- 23º balão “feitos históricos à luz”
- 24º balão “de conceitos e teorias que foram”
- 25º balão “engendradas em épocas posteriores.”
- 26º balão “Pois iremos adotar o conceito”
- 25º balão “de massa em vez de extensão,”
- 26º balão “de velocidade vetorial em vez”
- 27º balão “de velocidade escalar.”

Teremos um quadro com a animação interativa e a imagem de dois carrinhos juntos, com uma mola entre eles totalmente comprimida (ver Figura 3).

O personagem Descartes fala por meio de balão: “Digite o valor da massa de cada carro”, e acima de cada carro terá uma janela para colocar os valores da massa do carro. Para ativar teremos uma tabela abaixo e à esquerda, com os botões de *play* representado pelo seu símbolo (Figura 5), e o botão de reiniciar através de seu símbolo (Figura 5). Quando clicar o botão *play*, a mola irá se estender e empurrar os carrinhos para os mesmos instantes distâncias $M.L$, em que M será a massa do outro carrinho (Figura 5).

Nesta mesma tabela será apresentada:

1. A velocidade média de cada carro (ao final do movimento), considerando o sistema sem atrito entre as rodas e a superfície em que o carrinho se desloca, que deve ser constante, pois consideraremos a extensão da mola desprezível.
2. O deslocamento efetuado por cada carro.
3. A quantidade de movimento de cada carro (obteremos que $Q_A = Q_B$).

<p>Título da animação: Texto de Gottfried Wilhelm von Leibniz</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 07</p>
<p>Texto: Gottfried Wilhelm von Leibniz e a força Vis viva.</p>	<p>Imagem (Esboço da tela)</p> <p>O texto aparecerá num quadro verde de sala de aula</p>

Ao clicar em textos na tela 4 aparecerá essa nova tela com o seguinte texto:

Leibniz (1646-1716)

O livro de Leibniz para o referido assunto é *Discours de Metaphysique*

Leibniz inicialmente considerava os argumentos de Descartes corretos (em suas palavras indubitáveis), porém com uma investigação mais minuciosa encontrou um erro no argumento defendido por Descartes.

“Já várias vezes mencionei máximas subalternas ou leis da natureza e parece conveniente dar um exemplo delas. Vulgarmente os nossos filósofos modernos se servem desta famosa regra da conservação por Deus da mesma quantidade de movimento. Com efeito ela parece bem plausível, e antigamente eu a tinha por indubitável. Porém, reconheci depois onde estava o erro. É que Descartes assim como outros hábeis matemáticos acreditaram que a quantidade de movimento, quer dizer, a velocidade multiplicada pela grandeza do móvel, convém inteiramente à força motriz, ou, para falar geometricamente, que as forças estão na razão compostas das velocidades e dos corpos. Ora, é muito razoável a mesma força conservar-se sempre no universo". (Cap. 17, *Discours de Metaphysique*, tradução ...)

Leibniz verificou que a geometria não poderia ser usada sem a metafísica. Para justificar a causa de elevar um determinado corpo a uma certa altura ele provou que esta era a *Vis viva*, a qual ele quantificou como sendo $m.v^2$ e não $m.v$ (a quantidade de movimento).

Ele utilizou o seguinte exemplo: "... *Suponho, também, ser necessária tanta força para elevar um corpo A, de uma libra, à altura CD de quatro toesas, quanto para elevar um corpo B, de quatro libras, à altura EF de uma toesa. Tudo isso é admitido pelos nossos filósofos modernos*". Está latente que o exemplo apresenta proporções geométricas entre os corpos e a altura.

Como sabemos hoje, $\frac{1}{2} mv^2$ é a energia cinética; então Leibniz estava inaugurando o conceito de conservação da energia.

<p>Título da animação: Simulação de Gottfried Wilhelm von Leibniz</p> <p>Autor: Carlos Erymá</p>	<p>Tela 8</p>
--	----------------------

<p>Texto: Gottfried Wilhelm von Leibniz Vis viva <i>versus</i> quantidade de movimento</p>	<p>Imagem (Esboço da tela) Ver figura 6</p>
---	--

Texto:

Ao clicar em simulação na tela 4 aparecerá o personagem Leibniz (Prof. Leibniz) em uma sala de aula com um quadro verde atrás dele. Ele apresentará sua contextualização, falará através de balão e também teremos áudio de sua fala.

1º balão “Olá pessoal. Sou alemão, mas minhas obras”

2º balão “foram escritas em francês.”

3º balão “Vejam como foi aplicada a minha teoria.”

4º balão “Semelhante a Descartes, quando elaborei meus conceitos”

5º balão “não tínhamos a ideia de massa, mas substituí por libre.”

6º balão “que literalmente significa livro.”

7º balão “ou seja, bloco de 1 livre era”

8º balão “bloco com peso de um livro”

9º balão “e assim sucessivamente.”

10º balão “Bem, vamos aos meus questionamentos.”

11º balão “Para efeito didático, a minha”

12º balão “linha de pensamento”

13º balão “utilizar-se-á de conceitos tais como:”

14º balão “estática e a lei da quantidade de movimento”

Ao término do 10º balão ele fica congelado, esperando que se clique em questionamentos que é um *link* para abrir uma animação a seguir (porém aparecerá um *link* abaixo, no lado esquerdo para voltar à tela 02). Dentro de um balão de pensamento do Prof. Leibniz, a animação (em fundo verde) que terá uma balança dividida em 5 partes; o ponto de apoio ficará no ponto 4, ou seja, separará um lado com 4 e outro com 1; no extremo de 1 ficará um bloco de 4 cubos padrões e no outro extremo teremos um bloco de 1 cubo padrão (figura 7), depois aparecerá o texto, também dentro de um balão de pensamento do Prof. Leibniz, com áudio: O SISTEMA ACIMA ESTÁ EM EQUILÍBRIO (SITUAÇÃO GEOMÉTRICA). SE COLOCARMOS UM ÍNFIMO PESO EM DOS LADOS, O BALANÇO IRÁ PENDER PARA ESSE LADO E O BLOCO DO LADO OPOSTO SUBIRÁ A UMA ALTURA QUE EQUIVALE A SUA DISTÂNCIA AO PONTO DE APOIO. VEJAMOS...

Após uma pausa três segundos, surgirá (efeito desmanchando) a mesma figura anterior dentro de um balão de pensamento, porém com a balança pendendo para um dos blocos, o menor irá subir e o maior descer (figura 8). Após dois segundos será feito o mesmo esquema, neste caso invertendo os blocos, ou seja, o bloco maior irá subir e o bloco menor, descer.

Após dois segundos aparecerá outro balão de pensamento onde teremos uma figura em fundo verde com os dois blocos, o menor à esquerda e a uma altura $4H$, e o maior à direita, a uma altura H . Acima do bloco maior, o seguinte texto (com áudio): TEREMOS ESTA SITUAÇÃO: UM CORPO DE 1 LIBRA A UMA ALTURA DE 4 TOESAS E UM CORPO DE 4 LIBRAS A UMA ALTURA DE 1 TOESA, PROPORÇÕES GEOMÉTRICAS ENTRE CORPOS E ALTURA, EXCELENTE. UM EXEMPLO TÍPICO DE DESCARTES. MAS QUAL SERÁ A CAUSA DE SE ELEVAREM ESTES CORPOS ATÉ ESTA ALTURA? (Figura 9):

Depois de dois segundos aparecerão abaixo e à esquerda três botões (como *link*). Serão eles: Simulação, Atividades e o outro com início (clcando neste, voltará para a tela 2)

Ao clicar simulação, a tela aparecerá a partir do quadro que já teria os elementos da simulação desenhados nele (ampliando para o tamanho da tela). No canto esquerdo aparecerá uma tabela com os valores da massa de cada bloco digitado e os outros valores surgirão no final do processo da queda dos blocos. Os valores serão o da quantidade de movimento e a Vis viva de cada bloco. Na tela da animação teremos

janelas que mostrarão os valores da velocidade do bloco durante a queda e a altura em que ele se encontra. Tais valores serão obtidos obedecendo às equações de Galileu para queda livre no vácuo, em que $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ e $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Quando os blocos colidirem com o solo deverá ocorrer um barulho do choque.

Título da animação: atividades	Tela 09
Autor: Carlos Erymá	
Texto: ATIVIDADES	Imagem (Esboço da tela) As questões aparecerão escrita num quadro verde de sala de aula

Ao clicar em atividades aparecerá a tela com a palavra ATIVIDADES centralizada, ficando por 3s, e Leibniz fazendo as perguntas. As perguntas aparecerão na ordem (uma de cada vez) abaixo:

1. Que aconteceria se os blocos da simulação colidissem com o solo de maneira totalmente elástica?
 - d) Aconteceria a mesma coisa que aconteceu na simulação
 - e) Eles retornariam até a altura antes de serem soltos.
 - f) Eles subiriam até a metade da altura alcançada.

(Após clicar a resposta ele verá se acertou ou não) surge a simulação da figura 6 (porém sem as opções de janela para colocar os valores, ver figura 10), os blocos caindo se chocando com o solo, e voltando à mesma posição em que foram soltos; depois aparecerá a frase abaixo:

SOLO PERFEITAMENTE ELÁSTICO, OU SEJA, A ENERGIA CINÉTICA DO CHOQUE TRANSFORMOU-SE EM ENERGIA ELÁSTICA QUE VOLTA A SE TRANSFORMAR EM ENERGIA CINÉTICA.

Se acertar, aparecerá OK; se não, aparecerá ERRADO. Para ambos os casos, após a simulação (que congelará por 4s) aparecerá a prova matemática com as explicações do fenômeno, como veremos a seguir:

“Choque perfeitamente elástico, a energia cinética se conserva. Então $E_{c_f} = E_{c_i}$, então $\frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m v_f^2$. O início (i) equivale ao instante antes de tocar o solo e o final (f), o instante após o tocar o solo. Então o bloco terá a mesma velocidade com que tocou o solo, agora com sentido inverso, ou seja, subindo. Então se caiu de uma altura X, utilizando as equações de Galileu da queda livre, teremos $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot X}$. Se ele vai subir com esta velocidade, a altura alcançada será $h = \frac{v^2}{2g}$; então $h = \frac{2gX}{2g} = X$ ”.

2. Por que na simulação da atividade não ocorreu o barulho do choque como apareceu na outra simulação dos questionamentos de Leibniz?
- d) Não faz diferença se ocorre som ou não.
- e) O som faria subir mais alto, pois impulsionaria com mais intensidade o bloco.
- f) O som é um fator de dissipação de energia mecânica; então, como ela se conserva, não ocorreria som.

Após clicar a resposta ele verá se acertou ou não, se clicou na letra C acertará, se clicar em outra letra, surgirá uma explicação como a seguir: O som é um fator de dissipação. Podemos dizer que $E_{mi} = E_{mf} + E_d$ teremos que $E_d =$ Energia dissipada, que pode ser uma energia térmica devido ao atrito com o ar e/ou energia sonora devido ao choque do bloco com o solo. Como neste caso a energia mecânica se conserva, então $E_d = 0$, logo não haverá som.

3. Coloque V para verdadeira e F para falsa (para discussão em sala):
- d) “A quantidade de movimento não se conserva em determinadas condições” foi isso que Leibniz provou. ()

- e) Leibniz provou que a vis viva é a causa de os blocos subirem até uma certa altura. ()
- f) A teoria de Descartes era consistente porque realmente a quantidade de movimento se conserva em todos os casos. ()

ESBOÇOS DAS TELAS (CONTINUAÇÃO DO ROTEIRO DE PRODUÇÃO DO OVA)

FIGURA 01



Fonte: Autor, 2012 adaptado de <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Leibniz.jpg> e <http://www.ahistoria.com.br/biografia-rene-descartes/>

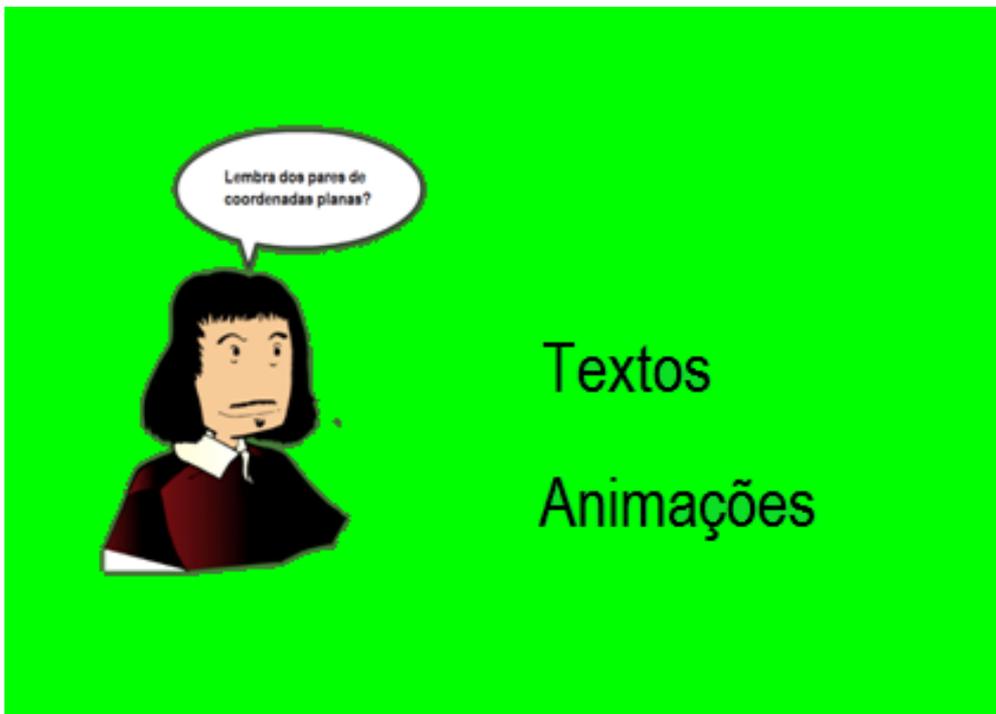
FIGURA 02



Fonte: Autor, 2012.

PARA A FIGURA DOS FILÓSOFOS ESTOU APENAS COLOCANDO UMA SUGESTÃO, PESSOAL DO DESIGN GRÁFICO FARÁ ALGUNS EXEMPLOS PARA RETORNAR E SER AVALIADO.

FIGURA 3



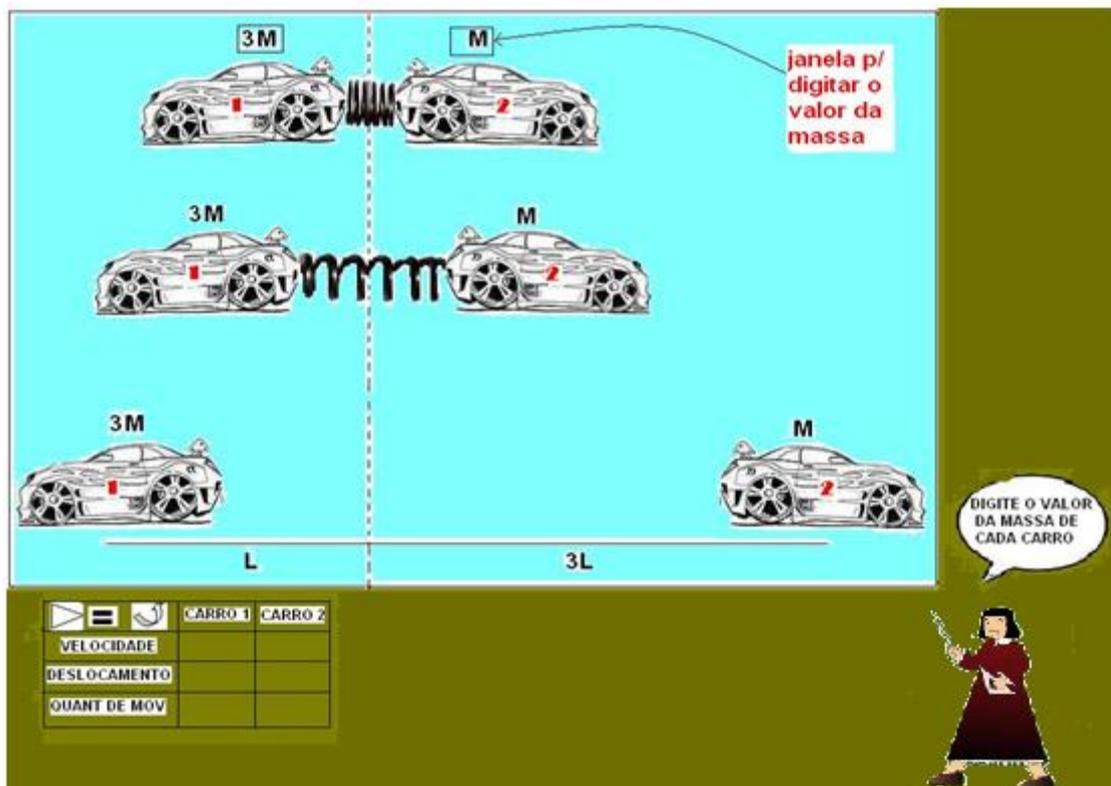
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 4



Fonte: Autor, 2012.

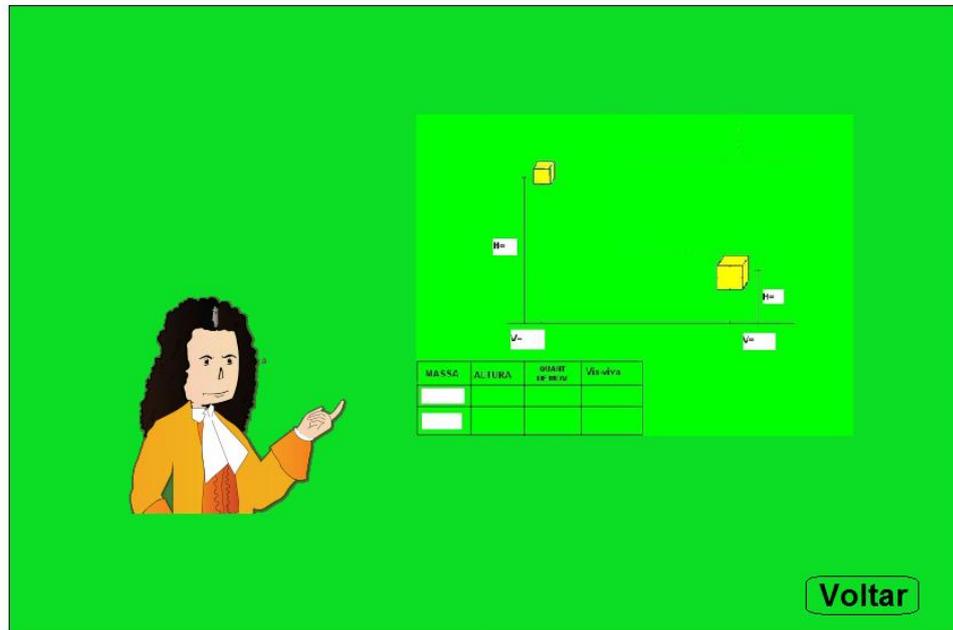
FIGURA 5



Fonte: Autor, 2012.

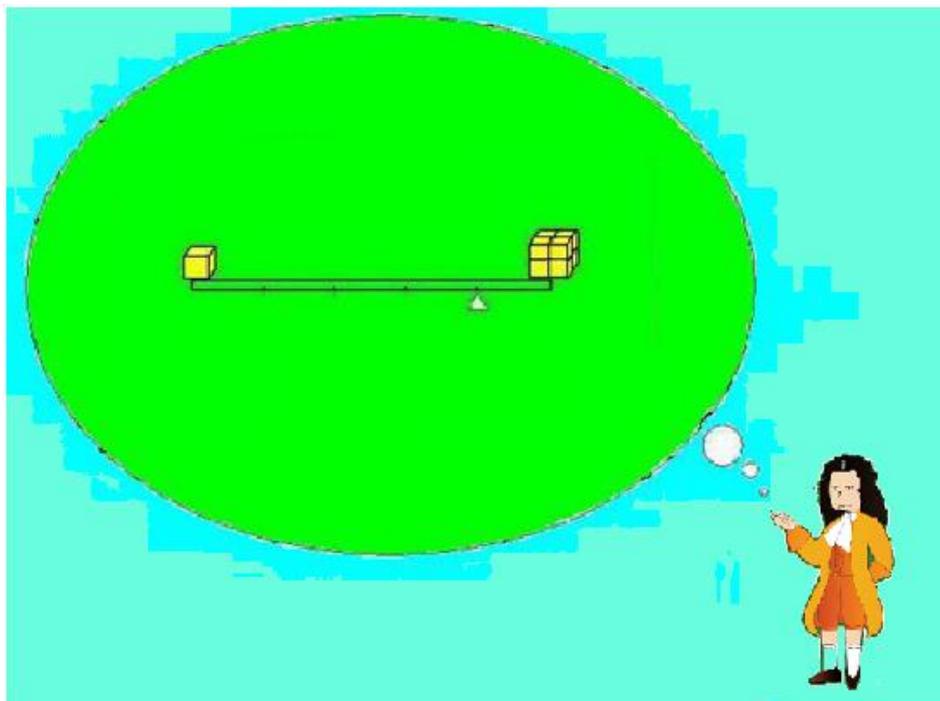
OBS: OS CARRINHOS DEVEM SER MENORES PARA PODERMOS VER MELHOR O DESENVOLVIMENTO DO MOVIMENTO DELES; AS RODAS DOS MESMOS DEVEM GIRAR COM O MOVIMENTO.

FIGURA 6



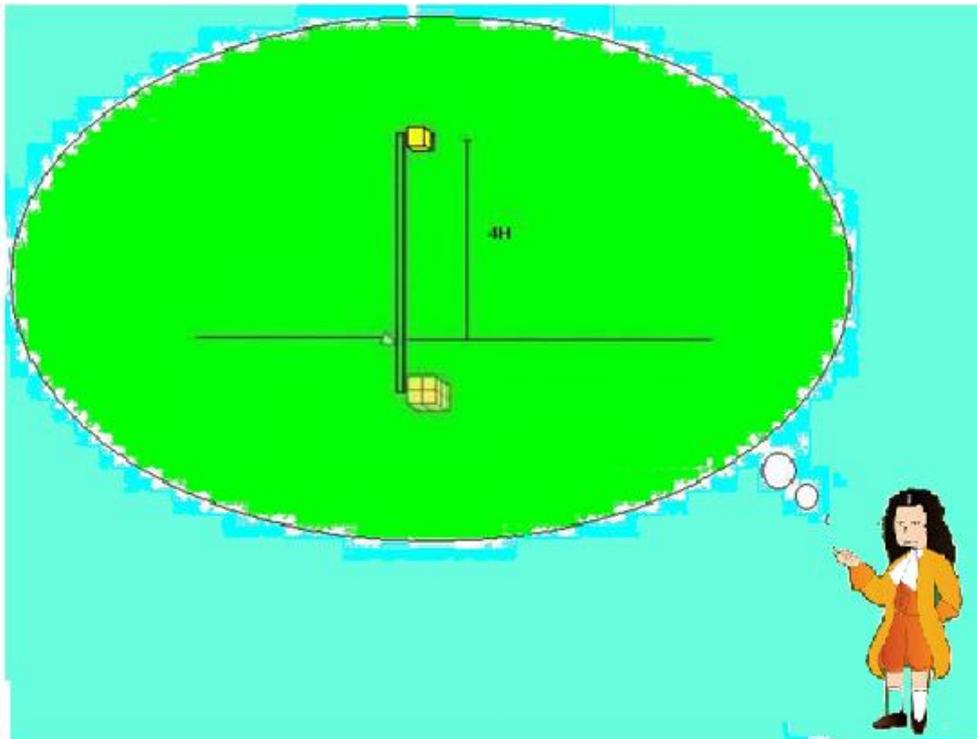
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 7



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 8



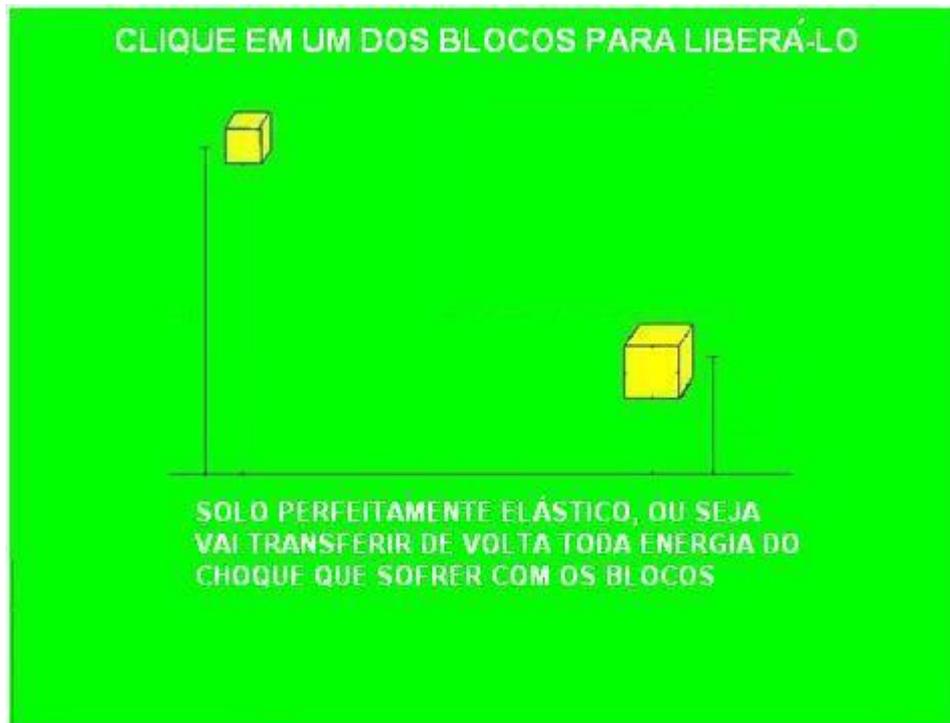
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 9



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 10



Fonte: Autor, 2012.