

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA –POLO 35**

LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS

**ELABORAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS COMO ESTRATÉGIA CENTRAL
PARA A COMPREENSÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS: UMA PROPOSTA
BASEADA EM VIGOTSKI PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO**

**PONTA GROSSA
2016**

LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS

**ELABORAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS COMO ESTRATÉGIA CENTRAL
PARA A COMPREENSÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS: UMA PROPOSTA
BASEADA EM VIGOTSKI PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro

**PONTA GROSSA
2016**

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

S237 Santos, Leandro Antonio dos
Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento/ Leandro Antonio dos Santos. Ponta Grossa, 2016.

239f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro.

1. Ensino de Física. 2. Modelos.
3. Unidades Didáticas. I. Castro, Antonio Sérgio Magalhães de. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado Profissional em Ensino de Física. III. T.

CDD: 530

TERMO DE APROVAÇÃO

ELABORAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS COMO ESTRATÉGIA CENTRAL PARA A COMPREENSÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS: UMA PROPOSTA BASEADA EM VIGOTSKY PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO.

MESTRANDO LEANDRO ANTONIO DOS SANTOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela seguinte banca examinadora:



Professor Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro (orientador)
Departamento de Física – UEPG/PR



Professora Dra. Sani de Carvalho Rutz da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná(UTFPR)



Professor Dr. André Vitor Chaves de Andrade
Departamento de Física – UEPG/PR

Ponta Grossa, 29 de agosto de 2016

*Dedico esta dissertação à minha amada esposa
Gisele e aos meus filhos Guilherme e Letícia*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela perfeita harmonia.

Especialmente a minha esposa Gisele pela paciência, cumplicidade e apoio incondicional.

Ao(s) professores(as) Carla Silvani, Geovane Badotti, Eliane da Silva, Everton Kielt, Glauber Luciano Kitor, Leia Denise Matesco, Marli Turmina, Ritamar Andreetta, que participaram da fase diagnóstica ou na fase de avaliação dos materiais produzidos, pelas preciosas contribuições neste trabalho e por sempre acreditarem nesta proposta.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida e à SEED-PR pelo afastamento de parte da minha carga horária para os estudos.

Ao Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro pela orientação e pelas contribuições neste trabalho.

Aos professores e colegas do MNPEF – UEPG pelas situações de ensino e aprendizagem compartilhadas.

À Equipe diretiva, pedagógica e funcionários do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho pelo engajamento e suporte. Aos estudantes pela acolhida e envolvimento no desenvolvimento das atividades.

A minha família pela compreensão nos momentos de estudo, em especial aos meus queridos pais, Maria e Nelson.

RESUMO

ELABORAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS COMO ESTRATÉGIA CENTRAL PARA A COMPREENSÃO DOS MODELOS CIENTÍFICOS: Uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento.

Esta dissertação de mestrado descreve o processo de pesquisa, de elaboração e de aplicação de quatro unidades didáticas voltadas ao estudo do movimento, para estudantes do primeiro ano do Ensino Médio, de uma escola pública paranaense. Nas unidades de ensino são abordados conceitos como de velocidade, de queda livre e sua relação com o estudo do plano inclinado, de aceleração da gravidade e estudo do pêndulo simples e, por fim, do princípio da conservação da quantidade de movimento linear. Busca-se uma melhor compreensão dos conteúdos físicos privilegiando uma discussão conceitual dos modelos científicos, os possíveis esquemas de formalização e suas respectivas idealizações e aproximações. Ao aplicar as unidades didáticas, foram considerados procedimentos metodológicos na forma de simulações computacionais, atividades experimentais, exibição de documentários e experimentos em vídeo. Além disso, foram propostas discussões sobre a resolução de exercícios, pesquisas e debates. A Teoria Sociointeracionista de Vigotski é utilizada como base teórica para o trabalho. A partir dessa perspectiva, buscou-se valorizar a interação social em sala de aula, o intercâmbio de ideias, o envolvimento ativo dos estudantes, o diálogo permanente, possibilitando ao professor em sala de aula trabalhar na zona de desenvolvimento proximal, agindo como mediador entre o conhecimento que os estudantes já possuem e os conhecimentos científicos a serem adquiridos. Ressalta-se o perfil de trabalho colaborativo com os outros professores de física das Escolas Públicas próximas que permitiram o aperfeiçoamento da presente proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Modelos, Unidades Didáticas.

ABSTRACT

ELABORATION OF THE TEACHING UNITS AS A CORE STRATEGY FOR UNDERSTANDING SCIENTIFIC MODELS: A proposal based on Vygotsky's Theory for the study of the motion.

This master dissertation describes the process of research, development and application of four teaching units addressed to the study of motion carried out at a public high school. In the teaching units were discussed concepts such as velocity, free fall and its relationship with the study of the inclined plane, gravity acceleration, simple pendulum and finally, the principle of conservation of the linear momentum. A better understanding of the physical contents was intended by emphasizing discussions concerning to the scientific models, the possible formalization schemes and their correspondent idealizations or approximations. By applying the teaching units, methodological tools were considered in the form of computer simulations, experimental activities, documentaries and experimental video presentations. Also, discussions of solved problems, general searches and debates were enforced. The Interactionist Social Theory due Vigotski was applied as the theoretical basis for the work. From that perspective, the social interaction in the classroom was further enhancing by promoting the exchange of ideas, an active involvement of the students and a permanent dialogue, that allowed the classroom teacher to work in the zone of proximal development acting as the mediator between the previous student knowledges and the scientific knowledge to be acquired. It also is emphasized the collaborative work with others physics teachers at Nearby Pubic High Schools that allowed the improvement of the present proposal.

Keywords: Physics Teaching, Models, Teaching Units.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sala de aula do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.....	37
Figura 2 - Laboratório de Informática do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.....	37
Figura 3 - Laboratório de Ciências do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.....	38
Figura 4 – Atividades realizadas pelos estudantes durante a aplicação das unidades didáticas.....	40
Figura 5 - Pesquisador aplicador da proposta observando os estudantes realizarem as atividades.....	41
Figura 6 - “Prints” das animações sobre velocidade	48
Figura 7 - Grupo de estudantes realizando uma atividade computacional sobre velocidade	49
Figura 8 - Fotos da atividade experimental que os estudantes realizaram sobre velocidade.....	50
Figura 9 - Foto da atividade experimental realizada pelos estudantes sobre queda livre. (a) queda de duas folhas horizontais abertas; (b) queda de uma folha aberta e uma amassada; (c) queda de duas folhas amassadas; (d) queda de uma borracha e uma folha amassada	55
Figura 10 - Cena do vídeo apresentado aos estudantes onde uma bola de boliche e um feixe de penas caem com a mesma velocidade numa câmara de vácuo.....	56
Figura 11 - Imagem do trecho documentário “Galileu: o mensageiro das estrelas”	57
Figura 12 - Print de tela da calculadora virtual que estima o valor do campo gravitacional terrestre.....	64
Figura 13 - Fotos tiradas durante a realização da atividade experimental para determinação da aceleração da gravidade local	65
Figura 14 – “Print” de tela da simulação “Laboratório de Pêndulos”	66
Figura 15 – Pêndulo de Newton.....	75

Figura 16 - Foto dos experimentos pesquisados, construídos e apresentados pelos estudantes relacionados a conservação da quantidade de movimento. (a) canhão de borrachinha; (b) balão-foguete; (c) canhão de sal de frutas 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do diagnóstico realizado junto aos professores de física da região	43
Tabela 2 - Questões e resultados do pré-teste referente a unidade II	52
Tabela 3 - Resultados do pós teste da unidade II	58
Tabela 4 - Resultado do pré-teste da unidade III	61
Tabela 5 - Resultado do pós-teste da unidade III.....	67
Tabela 6 - Resultado do pré-teste da unidade IV	71
Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV	78
Tabela 8 - Nível de satisfação dos estudantes.....	84
Tabela 9 - Professores do grupo de trabalho colaborativo que realizaram avaliação e parecer do produto educacional.....	88

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA	13
1.2. OBJETIVO GERAL	14
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	 15
2.1. MODELOS CIENTÍFICOS	15
2.2. PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS	18
2.3. A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE PESQUISA NO ENSINO	21
2.4. A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE DEBATE NAS UNIDADES DIDÁTICAS	22
2.5. REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.5.1. INSTRUMENTOS E SIGNOS	24
2.5.2. ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL	24
2.5.3. O PAPEL DO PROFESSOR	25
 3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	 27
3.1. UNIDADES DIDÁTICAS	27
3.2. CONTEÚDOS DAS UNIDADES DIDÁTICAS	28
3.2.1. VELOCIDADE	29
3.2.2. ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO ..	31
3.2.3. ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO	32
3.2.4. PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO	33
3.3. CAMPO DE APLICAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS	35
3.4. MANUAL DO PROFESSOR	38
3.5. OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	39
3.5.1. QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO: DIAGNÓSTICO.....	39
3.5.2. PRÉ E PÓS TESTES	40
3.5.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELOS ESTUDANTES ..	40

3.5.4. OBSERVAÇÕES DO PESQUISADOR	41
3.5.5. QUESTIONÁRIO: NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS ESTUDANTES	42
3.5.6. PARECER DO GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO	42
3.6. GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1. RESULTADOS OBTIDOS DURANTE A APLICAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS	47
4.1.1. UNIDADE 1: VELOCIDADE	47
4.1.2. UNIDADE 2: ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO	52
4.1.3. UNIDADE 3: ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO	61
4.1.4. UNIDADE 4: PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO.....	70
4.2. NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS ESTUDANTES	84
4.3. AVALIAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO EM RELAÇÃO À PROPOSTA	88
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5. REFERÊNCIAS	92
6. APÊNDICES.....	96
ANEXOS: AVALIAÇÃO E PARECERES DOS PROFESSORES EM RELAÇÃO AO PRODUTO EDUCACIONAL	226

1. INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que possibilita a formação de uma cultura científica, permitindo as pessoas a interpretação dos fatos, dos processos e dos fenômenos naturais, redimensionando sua relação com o universo e suas transformações.

As considerações que a comunidade científica faz em relação a algum fenômeno resultam no que se chama de modelo científico. Nesta perspectiva, o papel do físico consiste em elaborar modelos para explicar os fenômenos físicos.

Os documentos oficiais que orientam o Currículo no Ensino Médio, tais como BRASIL (2011)¹ e, em especial no Estado do Paraná as Diretrizes Curriculares da Educação Básica - PARANÁ (2009)², enfatizam que:

Os modelos científicos buscam representar o real, sob a forma de conceitos e definições. Para descrever e explicar os objetos de estudo a comunidade científica formula leis universais, amparadas em teorias aceitas, mediante rigoroso processo de validação em que se estabelece “uma verdade” sobre o objeto (PARANÁ, 2008, p.65).

É comum no cotidiano escolar professores de Física expressarem concordância com PARANÁ (2009) quando destaca-se a importância dos modelos científicos, em especial, dos modelos matemáticos essenciais para a descrição dos sistemas físicos, tendo em vista que, como destaca os documentos norteadores do currículo, a Matemática é fundamental como linguagem para expressar leis, ideias e elaborar modelos para descrever os fenômenos físicos.

Contudo, os modelos científicos não devem ser tratados de maneira inadequada conforme alerta PIETROCOLA (2005):

[...] parece-nos que no Ensino de Física a alusão a modelos é apresentada de duas maneiras bastante contraditórias e reduzidas. Em algumas situações, o modelo é exposto como algo estruturado sem história, originado na mente de um gênio e descolado do mundo real. Já em outras

¹ Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

² Documento que orienta o currículo no Estado do Paraná. Construído coletivamente pelos professores da Rede Pública Estadual e organizado pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná.

situações, ele é apresentado como o espelho fiel da realidade (PIETROCOLA, 2005, p.34).

Diante disso, buscou-se investigar possíveis estratégias que poderiam facilitar a compreensão dos modelos científicos – seus limites, simplificações e idealizações - visando superar a ideia de que a repetição de exercícios e a solução de problemas numéricos, por si só conduzem à aprendizagem significativa.

Com relação às atividades experimentais, várias pesquisas endossam a importância das atividades experimentais no processo de ensino e aprendizagem de Física. Entretanto:

[...] é fundamental que o professor compreenda o papel dos experimentos na ciência, no processo de construção do conhecimento científico. Essa compreensão determina a necessidade (ou não) das atividades experimentais em sala de aula (PARANÁ, 2009, p.71).

As simulações computacionais também se revelam como uma estratégia que podem facilitar o processo de ensino e aprendizagem, pois como objetos de aprendizagem:

[...] usados como recurso pedagógico prometem crescer rapidamente com o passar do tempo. A presente geração de alunos já está sendo formada em um ambiente totalmente permeado pela informática, de modo que essa tecnologia educacional tende a ser bem recebida (ARANTES, 2010, p.30).

Diante desses e de outros aspectos que serão mais detalhados na fundamentação teórica, foi elaborado o produto educacional constituído de unidades didáticas que, em sua abordagem, favorecem a aprendizagem dos modelos científicos à luz da Teoria Sociocultural de Lev Vigotski³.

Segundo as Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica do Estado do Paraná (2008) – a Teoria de Vigotski traz uma importante contribuição pedagógica ao resgatar a função pedagógica do professor, colocando-o no centro do trabalho pedagógico, isto é, no controle do processo de ensino e aprendizagem.

³ Lev Vigotski (1896-1934), psicólogo russo, propôs teoria que relaciona o desenvolvimento intelectual das crianças em função das interações sociais.

Nesse sentido, Rosa e Rosa, ao tratarem da opção da Teoria de Vigotski para o ensino de física relatam:

A escolha por essa teoria justifica-se por ela oferecer um sistema de referência capaz de contribuir para a melhoria desse ensino sem implicar condições ou recursos não existentes na grande maioria das escolas e universidades. Sabe-se que Vigotski não escreveu a sua teoria com base na aprendizagem escolar, contudo ela tem sido de grande valia para todos aqueles que buscam alternativas para melhor ensinar. No caso específico do ensino da física, ela pode ser vista como uma teoria que facilita a aprendizagem sem recorrer a recursos tecnológicos, métodos de descoberta ou sofisticadas técnicas de ensino (ROSA, C.W. da; ROSA, Á. B. da, 2004, p.2).

Daí justifica-se a utilidade desta proposta esperando fornecer subsídios teóricos-metodológicos que favoreçam a aprendizagem dos modelos científicos, utilizando-se de unidades didáticas que contemplem atividades experimentais e computacionais à luz da Teoria de Vigotski.

As unidades didáticas produzidas apresentam atividades experimentais e computacionais integradas entre si e integradas com as atividades teóricas de pesquisa, aprofundamento e debate, visando superar práticas ineficazes que conduzem a aplicação de atividades experimentais e computacionais isoladas, que sirvam apenas para reproduzir fenômenos ou para comprovar valores numéricos.

Esta dissertação, então, é um relato de um processo de pesquisa, de elaboração e de aplicação de quatro unidades didáticas que foram aplicadas com os estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de um colégio público do interior do estado do Paraná.

Visando oferecer subsídios teóricos e metodológicos que viabilizem a implementação das unidades didáticas em outros ambientes de trabalho, elaborou-se, além do produto educacional destinado aos estudantes, o manual do professor, esperando que se constitua de material de apoio para a prática docente.

1.1. PROBLEMA

Conforme já destacado na introdução desta dissertação, Pietrocola (2005) alerta que os modelos *científicos não devem ser expostos como algo estruturado*

sem história, originado na mente de um gênio e descolado do mundo real, ou então, como o espelho fiel da realidade. Segundo o autor, tais abordagens levariam a uma concepção reduzida ou contraditória da ciência.

Entende-se, assim, que o principal problema a ser enfrentado por esta dissertação é apresentar uma proposta didática voltada aos estudantes do Ensino Médio que possibilite uma compreensão adequada dos modelos científicos.

1.2. OBJETIVO GERAL

Elaborar e aplicar unidades didáticas que integrem atividades teóricas, experimentais e computacionais à luz da Teoria de Vigotski, que possibilitem uma melhor compreensão dos modelos científicos.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Espera-se, por meio desse trabalho:

- a) Valorizar a interação social em sala de aula, o intercâmbio de ideias, o envolvimento ativo dos estudantes e as trocas de experiência;
- b) Possibilitar ao professor atuar como mediador entre o conhecimento que os estudantes já possuem e o conhecimento a ser adquirido, internalizando conceitos que são formalmente aceitos pela comunidade científica.
- c) Utilizar, para a elaboração das unidades didáticas, atividades experimentais e simulações computacionais integradas às atividades teóricas para discussão dos conteúdos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentamos a seguir a fundamentação teórica que norteou a construção e a aplicação do produto educacional.

2.1. MODELOS CIENTÍFICOS

Os modelos científicos são de fundamental importância para a estruturação do conhecimento. O conhecimento científico e, mais especificamente, o conhecimento físico, são constituídos por teorias, estruturadas por modelos, e que, de acordo com Paraná (2008), buscam representar o real, sob a forma de conceitos e de definições.

A ciência não revela a verdade, mas propõe modelos explicativos construídos a partir da aplicabilidade de método(s) científico(s). Assim, os modelos científicos são construções humanas que permitem interpretações a respeito de fenômenos resultantes das relações entre os elementos fundamentais que compõem a Natureza (PARANÁ, 2008, p.65).

Os parâmetros Curriculares Nacionais (1999) enfatizam a necessidade de trabalhar com modelos, introduzindo a própria ideia de modelo, por meio da discussão a respeito de modelos microscópicos. Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com fenômenos macroscópicos que se quer explicar. O documento exemplifica a abordagem de alguns modelos:

[...] o modelo cinético dos gases pode ajudar compreender o próprio conceito de temperatura ou processos de trocas de calor, enquanto os modelos para interação da luz com diferentes meios podem ser utilizados para explicar as cores dos objetos, do céu ou a fosforescência de determinados materiais (BRASIL, 1999, p.232).

Contudo, os modelos científicos são construções humanas que permitem interpretações a respeito de fenômenos resultantes das relações entre os elementos fundamentais que compõem a Natureza. Por essa razão, nenhum modelo consegue

representar completamente qualquer sistema ou fenômeno físico, pois possui limitações, ou um domínio de validade.

É o que Brandão (2008) reafirma:

Em geral, eles [os modelos científicos] são concebidos para descrever certos fenômenos que exibem estrutura e/ou comportamento semelhantes. Por isso, possuem um domínio de validade. Por concentrarem-se em um número limitado de características essenciais, espera-se que, mais cedo ou mais tarde, falhem ao representar aspectos da realidade. Nesses casos, dizemos que o domínio de validade do modelo foi extrapolado. De forma semelhante, as teorias gerais também possuem limitações (BRANDÃO, R.V; et.al; 2008, p.11).

Um exemplo clássico da limitação de um modelo, citado por esses autores, é o da *mecânica newtoniana* que descreve, com boa aproximação, o movimento de objetos em escala macroscópica, porém, com o surgimento de outras teorias contemporâneas, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (da ordem da velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escalas atômica e subatômica).

Todavia, não há uma única caracterização para modelo, Kneller (1980), citado também por Pietrocola (2005), faz a seguinte classificação dos modelos: modelo representacional, modelo imaginário e modelo teórico. Segue uma descrição breve de cada um deles:

- a) Modelo representacional é descrito como uma representação tridimensional de um objeto representativo que pode ser uma maquete, um modelo de planetário de representação do sistema solar ou um modelo de bolas de isopor para representar a estrutura de uma molécula.
- b) Modelo imaginário é um conjunto de pressupostos apresentados para a descrição de como um objeto, ou sistema, seria se fossem satisfeitas determinadas condições ou pressupostos. Na Física, um exemplo de modelo imaginário é o modelo mecânico do campo eletromagnético de Maxwell.
- c) Modelo teórico é composto por um conjunto de pressupostos sobre um objeto, ou sistema, e atribui a esses uma estrutura ou mecanismo interno. Kneller considera o modelo teórico mais importante utilizado na ciência. Alguns exemplos são: modelo de bola de bilhar; modelo corpuscular da

luz; modelo helicoidal da molécula de DNA. Outra característica importante desse tipo de modelo é a possibilidade de ele poder ser descrito matematicamente, situação indispensável para os modelos físicos.

Portanto, o modelo teórico é constituído de um conjunto de hipóteses, acompanhadas de um formalismo matemático, cuja principal finalidade é permitir que se façam previsões, podendo, em certos casos, confrontar dados coletados de um experimento com os previstos pela teoria.

E, assim, a linguagem matemática que, por vezes, não é bem compreendida por muitos estudantes do Ensino Médio nas aulas de Física, assume papel estruturador do conhecimento científico, pois, segundo Pietrocola (2005):

Por ser forma de linguagem do conhecimento físico, a Matemática tem papel relevante no ensino, tanto quanto, tem no processo de produção. Deve-se oportunizar que o aluno conheça os modelos matemáticos de modo que possa utilizá-los e interpretá-los em suas diferentes formas de representação: algébrica, gráfica, em forma de tabelas, exemplos e contra-exemplos (PIETROCOLA, 2005, p.41).

Entretanto, é um equívoco pensar sobre os modelos matemáticos como apenas uma mera forma de quantificação de um fenômeno físico. É preciso deixar claro que as expressões matemáticas resultantes de um modelo não resultam do acaso, da “genialidade” de um cientista, mas, pelo contrário, retratam o resultado de um processo gradual e nem sempre individual.

Pois, conforme salienta Paraná (2009), na escola, o conhecimento científico pode e deve ser tratado por meio de modelos (sejam representacionais, imaginários ou teóricos), visto que o conhecimento científico também é expresso dessa forma. Mas, ao abordá-los, além de conhecer os modelos, é necessário entender as ideias e os argumentos que levaram a sua construção.

Por outro lado, GEF-UFSM⁴ (2010) destaca a influência significativa que os livros didáticos exercem no processo de ensino-aprendizagem em Física:

[...] Além disso, entre esses professores, o livro texto goza de excessiva importância, determinando a seqüência dos conteúdos a serem trabalhados

⁴ Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria.

em sala de aula e o próprio método de ensino, que privilegia a solução de exercícios e problemas numéricos, como se a aplicação coerente das expressões matemáticas pudesse levar, por si mesma, à aprendizagem significativa (GEF-UFSM, 2010).

Foi essa a perspectiva adotada no processo de construção e de aplicação das unidades didáticas, tendo em vista que é preciso superar a ideia que a coerente solução de expressões matemáticas leva, por si só, a uma melhor compreensão dos conteúdos de Física. Para tanto, é preciso privilegiar a discussão conceitual dos modelos científicos, suas idealizações e aproximações, confrontando teoria e realidade.

A necessidade de um trabalho pedagógico melhor estruturado na abordagem dos modelos científicos motivou a elaboração desta dissertação e norteou a elaboração do produto educacional que, por sua vez, foi estruturado por atividades experimentais e computacionais integradas às atividades teóricas.

2.2. PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E COMPUTACIONAIS

Inúmeras pesquisas sugerem que as atividades experimentais podem suscitar uma melhor compreensão acerca dos fenômenos físicos. Entretanto, percebe-se, pela experiência acumulada em sala de aula, que no início da demonstração experimental os estudantes se encontram definitivamente entusiasmados com o fenômeno observado. Entretanto, ao apresentá-los aos modelos científicos e, por consequência, às equações matemáticas pertinentes à situação, ocorre o desinteresse.

É o que revela também Duarte (2012):

Um ponto importante em que focamos a nossa observação é que os alunos apresentam uma grande dificuldade em evoluir da experiência sensorial e da observação dos fenômenos para a construção e compreensão dos modelos matemáticos. Quando apresentamos experimentos simples para os estudantes, [...] a identificação do aluno com os resultados é imediata. Porém, ao lançarmos no quadro as equações matemáticas que descrevem esses fenômenos, notamos que existe uma lacuna. A grande maioria dos estudantes não consegue assimilar de forma satisfatória as relações existentes entre o modelo e o fenômeno observado (DUARTE, 2012, p.3).

Conforme foi destacado anteriormente, os modelos científicos são indispensáveis no processo de ensino-aprendizagem em Física. Esta proposta visa transpor didaticamente os modelos científicos com uma abordagem que favoreça uma aprendizagem mais significativa.

Diante do mesmo objetivo, Duarte (2012) propôs realizar essa transposição didática – experimento - modelo científico, combinando kits de experiências de baixo custo com simulações computacionais de forma conjugada para apresentar os conteúdos das Dinâmicas de Rotações.

De forma semelhante, as unidades didáticas que compõem o produto educacional derivado desta dissertação também combinarão atividades experimentais e simulações computacionais e, integradas às atividades teóricas, possibilitam uma melhor discussão sobre os modelos científicos.

Os simuladores e as animações computacionais estão cada vez mais presentes no âmbito escolar em virtude do grande avanço das tecnologias educacionais e a difusão abrangente delas em diversas classes sociais. Paraná (2009) ressalta o papel das animações computacionais no ensino:

Os computadores podem ser utilizados para se fazer animações, ou seja, representações dos movimentos que, nos livros didáticos, são representados por figuras estáticas, em apenas duas dimensões, o que pode tornar o fenômeno incompreensível para os estudantes (PARANÁ, 2008, p.78).

As simulações computacionais também são importantes para o ensino, pois permitem a interatividade entre o estudante e a máquina, possibilitando, assim, a sua aproximação com o fenômeno estudado. Ao interagir com a representação virtual de um experimento, ele interage diretamente com o modelo científico, altera parâmetros, visualiza limitações e ainda relaciona com o que observou na atividade experimental.

Dessa forma, oportunizou-se aos estudantes uma experiência sensorial acerca do fenômeno estudado por meio das atividades experimentais convencionais e o uso das simulações computacionais, que ampliam o poder de observação do estudante, aproximando-o do modelo científico, compõem o objetivo principal desta proposta.

Cabe destacar que tanto as atividades experimentais quanto as computacionais apresentam limitações, como argumenta Medeiros e Medeiros (2002):

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. Tais danos tornar-se-ão ainda maiores se o modelo contiver erros grosseiros (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Reconhece-se a importância desta discussão tendo em vista que as atividades experimentais e computacionais, de forma combinada, podem proporcionar uma melhoria do processo de ensino-aprendizagem em Física.

Segundo o Prof. Dr. Marco Antonio Moreira (2014), a revista Science, em abril de 2013, coloca o uso de laboratórios virtuais como um dos grandes desafios no ensino de Ciências no século XXI.

Moreira (2014), então, reconhece o uso dos laboratórios virtuais como um grande desafio, mas salienta a importância do equilíbrio com as atividades experimentais:

No entanto, é importante determinar o balanço 'ideal entre atividades de laboratório virtuais e presenciais (MOREIRA *apud* WIEMAN, 2013).

Diante do exposto, foi elaborado o produto educacional destinado aos estudantes, composto de quatro unidades didáticas que tratam do estudo do movimento. Normalmente verifica-se que o estudo do movimento é abordado no primeiro ano do ensino médio.

Nesse material, as atividades experimentais e computacionais acompanham a sequência lógica dos conteúdos, com uma estratégia de integração à teoria, motivando o diálogo em sala de aula, apoiando a discussão conceitual, possibilitando ao professor ser mediador entre o conhecimento que os estudantes já possuem com o conhecimento científico que precisam se apropriar.

Além disso, elaborou-se o manual do professor, que integra o produto educacional. Esse material reúne subsídios teóricos e metodológicos que visam viabilizar a aplicação do material em outros ambientes de trabalho e de público-alvo.

2.3. A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE PESQUISA NO ENSINO

Um dos pressupostos adotados na elaboração das unidades didáticas foi propor atividades que valorizem a pesquisa nos mais diferentes meios (rede web, livros, revistas etc.) e, conseqüentemente, sua divulgação em sala de aula.

É fundamental considerar que a escola não é a única forma de acesso ao conhecimento sistematizado, que hoje está disponível em diversos lugares: “nos livros nas bibliotecas, videotecas, universidades, institutos de pesquisa, escola, computadores, banco de dados tornando-se, sob o peso da informática e da instrumentação eletrônica em geral, cada vez mais acessível” (DEMO, 2003, p. 27).

Diante disso, não se deve restringir a ação didática em simplesmente “seguir” um livro didático (ou qualquer outro material), trata-se de um instrumento de apoio. Deve-se conseguir uma convivência produtiva com ele, entendendo a pesquisa sobretudo como um diálogo do pesquisador com a realidade.

É o que recomenda Demo (2006):

Em vez de ser apenas intérprete externo do livro didático, deveria ser ele o próprio livro didático, se fosse capaz de tornar-se criador da didática. Isso não dispensa o livro didático. Trata-se de conseguir convivência produtiva com ele, entendendo-se aí pesquisa sobretudo como diálogo com a realidade, recriado sempre pelo professor, com apoio do livro didático, que passa a ser referência relevante, nem mais, nem menos” (DEMO, 2006, p. 85-86).

Logicamente, isso requer que o docente busque constantemente a superação da reprodução e do “instrucionismo” em favor de uma educação emancipatória.

2.4. A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE DEBATE NAS UNIDADES DIDÁTICAS

O objetivo de propor atividades de debate, nas unidades didáticas do produto educacional, visou estimular o diálogo e o intercâmbio de ideias durante a abordagem dos conteúdos, fortalecendo a interação social e o papel do professor como mediador, aspectos que serão melhor detalhados no referencial teórico, na seção 2.5.

Segundo Junior (2010), “o professor não é detentor de todo o conhecimento”. Sendo assim, deve considerar o estudante como um personagem ativo e fundamental, que pode e deve refletir, questionar, argumentar e contribuir para o conhecimento de todos, compartilhando suas concepções.

Por essa razão, em inúmeros momentos e atividades das unidades didáticas, os estudantes foram convidados a exporem seus pontos de vista ou as estratégias utilizadas para resolverem determinada questão.

2.5. REFERENCIAL TEÓRICO

A concepção de ensino-aprendizagem adotada nesta dissertação e no produto educacional derivado foi pautada nos pressupostos teóricos da Teoria Sociocultural de Lev Semenovitch Vigotski (1896-1934).

Vigotski, nascido em Orsha na Bielo-Rússia, foi um psicólogo importante em sua área e época, sendo pioneiro no conceito de que o desenvolvimento intelectual das crianças ocorre em função das interações sociais e das condições de vida.

A relação entre interação social e o desenvolvimento do ser humano é retratada por Rosa e Rosa (2004), pois, segundo esses autores, Vigotski atribuiu enorme importância a relação de como o processo de desenvolvimento é socialmente construído e de como aprendizagem e o desenvolvimento se inter-relacionam.

Essa compreensão também é compartilhada no artigo de Souza e Kramer (1991):

Sua preocupação [Vigotski] é buscar uma compreensão daqueles aspectos da dinâmica da sociedade e da cultura que interferem no curso da vida do sujeito, transformando tanto sua relação com a realidade como sua

consciência sobre ela. Todo fenômeno tem sua história e esta se caracteriza por mudanças qualitativas e quantitativas. Para Vigotski ao longo da história da humanidade, as estruturas do pensamento dos indivíduos modificam-se e essas mudanças encontram suas raízes na sociedade e na cultura (SOUZA, S.J; KRAMER, S. 1991, p.4).

Alguns elementos são marcantes na teoria de Vigotski e tal fundamentação traz, na nossa concepção, orientações relevantes na implementação deste projeto. Um desses elementos é a motivação; Alberto Gaspar (2010) destaca que, segundo a teoria de Vigotski, a motivação é condição essencial para a aprendizagem.

Vigotski (1991, p. 101) diz ainda que o pensamento propriamente dito é gerado pela motivação, isto é, por nossos desejos e necessidades, nossos interesses e emoções. Por trás de cada pensamento há uma tendência afetivo-volitiva. Uma compreensão plena e verdadeira do pensamento de outrem só é possível quando entendemos sua base afetivo-volitiva.

Paraná (2008, p. 61) considera que o ponto de partida da prática pedagógica para a aprendizagem dos conhecimento científicos é o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes, os quais incluem as concepções alternativas ou espontâneas.

“O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem” (VIGOTSKI , 2001, p. 261).

A interação do estudante com o meio social permite que ele desenvolva suas concepções sobre os fenômenos físicos e as leve para escola. Essa opção baseia-se também em uma indicação da Teoria Sociocultural de Vigotski, o conceito de *zona de desenvolvimento imediato ou proximal*.

2.5.1. INSTRUMENTOS E SIGNOS

Conforme mencionado anteriormente, a interação social é fundamental para o desenvolvimento de capacidades mentais superiores, o que visaremos discutir agora é a forma como se dá essa interação. Moreira (1999) define interação social como “um mínimo de duas pessoas intercambiando informações”, em que diversas experiências e conhecimentos são compartilhados; ela se constitui, portanto, em uma *troca de significados*.

Essa conversão, citada anteriormente, ocorre por meio da mediação; portanto, ela não se dá diretamente, mas é mediada pelo uso de instrumentos e signos. Ainda segundo Moreira (1999), instrumentos e signos são palavras-chave na teoria de Vigotski e podem ser definidos conforme se segue.

Instrumento é qualquer objeto que possa ser usado para fazer alguma atividade. Por exemplo, garfo, colher, enxada etc. Esses tipos de instrumentos são chamados de instrumentos físicos. Signos são elementos que lembram ou simbolizam algo e, portanto, podem ser usados para significar algum objeto ou ideia que foi criada culturalmente, ou que a experiência lhe impõe, uma intuição. Podem ser denominados de instrumentos simbólicos.

Para Vigotski (1988), é pela interiorização de instrumentos e sistemas de signos, produzidos culturalmente, que se dá o desenvolvimento cognitivo. A combinação do uso de instrumentos e signos é característica apenas do ser humano e permite o desenvolvimento de funções mentais superiores.

Ainda segundo essa teoria, a fala é o principal sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, porque ela relaciona o concreto com o abstrato, o real com o simbólico. Permite, no decorrer do desenvolvimento, generalizar a variadas situações que não ocorreram durante a aprendizagem.

Diante do referencial teórico e tendo em vista o objetivo desta proposta, que é propor uma melhor discussão conceitual dos modelos científicos, a fala foi um dos aspectos sempre valorizados durante o seu processo de aplicação.

2.5.2. ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL

Rosa e Rosa (2004) explicam que Vigotski vincula esse conceito à relação entre aprendizagem escolar e desenvolvimento. É esse, talvez, o fator principal da teoria de Vigotski, tendo como pressuposto básico a existência de uma diferença

entre o escore obtido quando a criança desempenha uma tarefa sozinha, chamada de nível de desenvolvimento real, e quando a desempenha com a ajuda de adultos ou, mesmo, por meio da cooperação de crianças mais adiantadas, chamada de nível de desenvolvimento potencial.

Conforme Rego (1996, p. 74),

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como na elaboração de estratégias pedagógicas que auxiliem nesse processo (REGO, 1996, p.74).

Pode-se dizer ainda, segundo Rosa e Rosa (2004), que a zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que não amadureceram, que estão em processo de maturação e que amadurecerão, estando presentes em estado embrionário. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento prospectivamente.

2.5.3. O PAPEL DO PROFESSOR

O papel do professor é caracterizado pela teoria pedagógica vigotskiana como sendo o mediador, que leva em consideração a existência de um conhecimento anteriormente adquirido pelo aluno, mediando o processo, para que o estudante se aproprie do conhecimento científico socialmente compartilhado.

Moreira (1999) exemplifica o papel do professor nesta perspectiva:

[...] Na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto socialmente aceitos, no contexto da matéria de ensino, para determinado signo – da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então de alguma maneira, “devolver” ao

professor o significado que captou. O professor nesse processo, é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando o aluno e o professor compartilham significados (MOREIRA, 1999, p.119).

Visando situar a Teoria de Vigotski com o produto educacional, utilizou-se os argumentos de Gaspar (2011) que, interpretando Vigotski, chama a atenção para o papel do professor durante o desenvolvimento das atividades experimentais:

Para essa teoria, o aluno não aprende diretamente da realização da atividade experimental, mas das interações sociais por ela desencadeadas, sob a orientação do professor, que conduz os seus alunos durante a realização da atividade. Em outras palavras, o professor, como o parceiro mais capaz dessa interação, colabora ativamente com os alunos durante a realização da atividade (GASPAR, 2011, p.4).

O destaque dado por Vigotski ao professor, segundo Gaspar (2005), valoriza também a atividade de demonstração em sala de aula na medida em que ela é um instrumento que serve prioritariamente ao professor, agente do processo e parceiro mais capaz a ser imitado. Ainda segundo Gaspar, cabe a ele fazer, demonstrar e destacar o que deve ser observado e, sobretudo, explicar, ou seja, apresentar aos alunos o modelo teórico que possibilita a compreensão do que é observado, estabelecido cultural e cientificamente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão detalhados os materiais e os métodos pelos quais foi desenvolvida a elaboração, a aplicação e a avaliação do produto educacional derivado desta dissertação.

Com relação aos materiais produzidos, esses compõem o que se denomina de produto educacional. Especificamente neste trabalho, o produto educacional é constituído pelos seguintes materiais:

- **Unidades didáticas:** material destinado aos estudantes do primeiro ano do Ensino Médio (APÊNDICE I);
- **Manual do Professor:** material destinado aos professores de Física (APÊNDICE J). Visa fornecer subsídios teóricos e metodológicos que viabilizem a aplicação das unidades didáticas.

3.1. UNIDADES DIDÁTICAS

Conforme destacado anteriormente, as unidades didáticas compõem o produto educacional destinado aos estudantes do primeiro ano do Ensino Médio.

Convém destacar que, por unidade didática Damis (2006), citado por Almeida (2015), entende:

Uma Unidade Didática é um modo de organização curricular composto de uma abordagem, que desenvolve um tema ou situação-problema com atividades variadas e inter-relacionadas, contendo fundamentação teórica e metodológica, e visa à superação do planejamento linear vigente em muitos currículos atuais, bem como nos livros didáticos utilizados nas escolas.

Os resultados consultados no colégio de implementação do produto⁵ indicavam que, na primeira série do Ensino Médio, o número de reprovações por nota e por abandono eram preocupantes quando comparadas aos resultados relacionados às outras séries.

⁵ Informações coletadas e disponíveis no Portal Dia a Dia Educação, no endereço: www.consultaescolas.pr.gov.br.

Outro aspecto que justifica a importância deste trabalho no primeiro ano do Ensino Médio é consolidar uma concepção de ciência como construção humana, favorecendo o trabalho pedagógico nas séries seguintes.

O conteúdo estruturante⁶ que embasou as unidades didáticas foi o movimento. Tal escolha é coerente com que prevê a proposta pedagógica curricular da disciplina da instituição de aplicação do produto, para o primeiro ano do Ensino Médio.

A aplicação das unidades didáticas ocorreu no segundo semestre do ano letivo 2015, para duas turmas do primeiro ano de Ensino Médio, de um colégio público do interior do Paraná. O campo de aplicação do produto é melhor descrito na seção 3.3 desta dissertação.

Com relação aos conteúdos específicos abordados nas unidades didáticas, que serão detalhados nas subseções 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4, foram definidos primeiramente por conta do objetivo central da proposta, que era possibilitar aos estudantes do primeiro ano Ensino Médio uma melhor compreensão dos modelos científicos.

Além disso, outro aspecto relevante para escolha dos conteúdos foram as contribuições vindas da pesquisa diagnóstica, aplicada por meio de um formulário eletrônico (Apêndice F), distribuído a um grupo de professores de Física da região de Laranjeiras do Sul, que, posteriormente, denominou-se de GTC⁷.

A descrição das finalidades do formulário eletrônico será apresentada na subseção 3.4.1. Na seção 3.6, serão melhor discutidos os objetivos do Grupo de Trabalho Colaborativo (GTC) e as respectivas opiniões emitidas pelos educadores na pesquisa diagnóstica.

3.2. CONTEÚDOS DAS UNIDADES DIDÁTICAS

Com base nos aspectos anteriormente apresentados foi feita a escolha dos conteúdos específicos das unidades didáticas. Os conteúdos específicos selecionados para as unidades didáticas foram os seguintes:

⁶ Segundo PARANÁ (2008), entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos e as teorias que hoje compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina.

⁷O grupo de trabalho colaborativo (GTC) foi o nome atribuído ao grupo constituído por professores de Física atuantes no Ensino Médio da Rede Pública da região Centro-Oeste do Paraná que colaboraram em alguns momentos da elaboração deste trabalho.

- Conceito de velocidade;
- Estudo da queda livre e do plano inclinado;
- Aceleração da gravidade e o estudo do pêndulo simples;
- Princípio da conservação da quantidade de movimento.

Conforme já mencionado no referencial teórico, seção 2.5., a Teoria Sociocultural de Vigotski foi o pano de fundo para elaboração das unidades didáticas. Nesta perspectiva, procurou-se valorizar a interação social em sala de aula, o intercâmbio de ideias, o envolvimento ativo dos estudantes e as trocas de experiências, possibilitando ao professor trabalhar na zona de desenvolvimento proximal, sendo o mediador entre o conhecimento que os estudantes já possuem e o conhecimento científico a ser adquirido, internalizando conceitos que são formalmente aceitos pela comunidade científica.

Na sequência, descreve-se mais detalhadamente os objetos (conteúdos) de estudo presente nas unidades didáticas. Ressalta-se novamente que a opção pelo conteúdo das unidades didáticas foi corroborada na pesquisa diagnóstica realizada com os professores participantes do Grupo de Trabalho Colaborativo (GTC).

3.2.1. VELOCIDADE

Ao tratar esse conteúdo em uma das unidades didáticas do produto educacional, deseja-se explorar qualitativamente os seguintes aspectos:

- Conceito de velocidade média;
- Modelo do ponto material e corpo extenso;
- Grandezas escalares e vetoriais;
- Caráter vetorial da velocidade.

É uma unidade que toma o estudo da velocidade no contexto do esporte e dos transportes, para valorizar o contexto de vivências no cotidiano do jovem estudante e apresenta, de forma integrada, a discussão de aspectos como a idealização do ponto material e o caráter vetorial da velocidade.

A idealização do ponto material é frequentemente utilizada para descrever inúmeras situações físicas. Em relação à importância dessa idealização para a Física, Pietrocola (2010) afirma:

[...] Na Física, quando consideramos que um corpo dotado de massa ou matéria apresenta dimensões desprezíveis em relação ao meio que se encontra, nós o chamamos de ponto material. Trata-se de uma idealização, uma simplificação feita para podermos descrever um fenômeno (PIETROCOLA, 2010, p. 74).

Ao abordá-lo, pretende-se tratar dos limites dessa simplificação com os estudantes, confrontando com situações em que não é possível aplicar tal idealização, em que as dimensões de um corpo forem relevantes na situação, quando esse será considerado corpo extenso.

O caráter vetorial da velocidade é outro aspecto que foi tratado em uma das unidades didáticas, pois é preciso discutir tal conceituação com os estudantes. Sobre essa definição vetorial, GREF (2001) ressalta:

O que denominamos de velocidade média de um objeto é definido como a razão entre o deslocamento efetuado e o intervalo de tempo necessário para realizá-lo. [...] Esta forma de definir velocidade incorpora a necessidade de considerar a direção e o sentido em que ocorre este deslocamento (GREF, 2001, p. 196-197).

Entretanto, observa-se que alguns professores não tratam o caráter vetorial da velocidade no Ensino Médio, apenas abordam a “velocidade escalar média”. Outros professores têm a preocupação de distinguir os conceitos de velocidade escalar e vetorial média, Gaspar (1994) reconhece como louvável tal atitude, mas salienta:

Deve-se ressaltar que alguns autores e professores têm a preocupação de distinguir a velocidade escalar da velocidade vetorial como sendo conceitos distintos. Embora essa atitude seja louvável porque, de certa forma, preserva o conceito verdadeiro de velocidade, ela nos parece inconveniente. A única justificativa que encontramos para se definir uma velocidade escalar é reduzir o choque entre o conceito físico de velocidade e o seu conceito cotidiano (GASPAR, 1994, p. 8).

Foi sob a justificativa de mediação entre o conceito físico e o conceito cotidiano, apresentada por Gaspar, que reflete-se a opção do referencial teórico adotado neste trabalho, em que não se abandonou o conceito de velocidade ‘escalar’ média no produto educacional. Entretanto, esclareceu-se que, ao tratar de

velocidade escalar média, idealizar-se-ia a orientação da trajetória como fixa – como uma rodovia ou uma estrada de ferro – uma aproximação que permite descrever o movimento como uma linha reta.

3.2.2. ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO

A unidade 2 do produto educacional destinado aos estudantes trata de um movimento muito presente no cotidiano, o movimento de queda dos corpos. Aborda-se o modelo do movimento de queda livre e sua relação com as experiências realizadas por Galileu Galilei, realizadas num plano inclinado ainda no século XVII.

De acordo com Ferreira (2004), Galileu teve que enfrentar a força do pensamento aristotélico, pois até meados do século XVI, o que se pensava acerca do movimento dos corpos e suas causas seguia as ideias de Aristóteles. No século IV a.C, o pensador grego dizia que os corpos pesados caíam porque tinham que ocupar o seu lugar natural. Assim, era natural que uma pedra, constituída do elemento Terra, ao ser largada a certa altura, despencasse em direção ao centro da Terra.

Pietrocola (2010) ainda reforça:

Aristóteles não só explicou por que esses corpos em queda buscam a superfície da Terra, como dizia que o corpo em queda manteria a velocidade constante durante praticamente todo o trajeto. Para ele, após o corpo ser largado de determinada altura, sua velocidade aumentaria rapidamente, quase instantaneamente, e a seguir passaria a manter velocidade constante. A velocidade dependeria do peso do corpo. Os mais pesados cairiam com maior velocidade em relação aos mais leves (PIETROCOLA, 2010, p.112).

Por volta de 1610, além da força do pensamento Aristotélico, Galileu deparou-se com muitas dificuldades técnicas e práticas ao estudar a queda dos corpos. Convencido de que a velocidade dos corpos em queda aumenta gradativamente, argumentou que esses corpos sofrem acréscimos iguais de velocidade.

A decisão de relacionar os estudos da queda livre e do plano inclinado pode ter sido uma estratégia adotada por Galileu para melhor exemplificar a variação de

velocidade dos corpos, pois a aceleração é menor na rampa, conforme destaca NUSSENZVEIG (2002):

Um estudo experimental direto da queda livre seria muito difícil naquela época, porque os tempos de queda nas condições usuais são muito curtos. Galileu resolveu essa dificuldade diminuindo a aceleração, com auxílio de um plano inclinado (NUSSENZVEIG, 2002, p.36).

O debate conceitual sobre as teorias que explicam o movimento de queda, a relação entre o movimento de queda e as experiências no plano inclinado e os modelos científicos e suas respectivas idealizações são aspectos abordados na unidade.

3.2.3. ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO

A unidade 3 do produto educacional destinado aos estudantes, descreve inicialmente os fatores que influenciam o campo gravitacional terrestre, além disso, indica uma maneira de determiná-la experimentalmente em qualquer local próximo à superfície da Terra, por meio do movimento periódico de um pêndulo.

Além disso, justifica-se a importância de abordar o movimento periódico nas aulas de Física, pois, na natureza, existe um grande número de fenômenos em que observamos comportamento oscilatório e periódico, como: as ondas sonoras, a vibração de uma corda de um instrumento musical, o relógio de pêndulo e até mesmo o movimento do sangue no corpo.

Por isso, abordou-se o modelo do pêndulo simples, uma idealização muito adotada para simplificar o entendimento de muitas situações físicas. A discussão das simplificações e idealizações do modelo do pêndulo simples pode ser muito rica, pois conforme ressalta Veit e Araújo (2005):

[...] o modelo mais simples para a descrição do movimento de uma massa presa a um fio fixo no teto, que oscila num plano vertical, é o modelo do pêndulo simples, em que se admite como hipótese que a massa é pontual, presa na extremidade de um fio sem massa e inextensível, e que não há resistência do ar. (Note-se que isto é uma idealização, não existe um pêndulo simples na natureza!) Poder-se-ia melhorar a precisão, não fazendo tantas simplificações, por exemplo, considerando a resistência do ar ou o tamanho da massa pendular (VEIT; ARAÚJO, 2005).

Além disso, o aparato experimental do pêndulo simples demonstra-se como uma estratégia metodológica para introdução de algumas grandezas físicas comuns no estudo do movimento periódico, tais como: frequência, período e amplitude de oscilação.

3.2.4. PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A unidade 4 do produto educacional destinado aos estudantes trata do Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento. Entende-se como de maior relevância essa abordagem no Ensino Médio, pois, conforme será detalhado neste tópico, o estudo desse princípio permite o estudo que vai desde a colisão de bolas de gude até a compreensão de processos que envolvem partículas em escala microscópica.

Antes de tratar da importância de incluir o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento nas unidades didáticas, abordar-se-á a relevância dos princípios no contexto científico e no contexto do Ensino de Física.

No contexto científico, os princípios são elementos fundamentais para a construção das teorias físicas, conforme destaca Pietrocola e Zilbersztajn (1999):

Os Princípios são elementos importantes na construção de Teorias Físicas, como nos mostram diversos trabalhos epistemológicos e históricos. Funcionam como guias genéricos na produção científica, e, na concepção de Einstein, são responsáveis pela elaboração de teorias com uma perfeição lógica e fundamentação segura (Pietrocola e Zilbersztajn, 1999).

No contexto do Ensino de Física, os princípios devem assumir uma dimensão de fundamental importância, conforme salienta Custódio Filho e Oliveira (2000), assim como exerce no contexto científico:

Em contraste com esta posição privilegiada no contexto científico, no Ensino Médio, os princípios são utilizados como meros instrumentos na resolução de problemas artificialmente formulados. Em tais atividades acabam por se resumir a algumas estratégias empregadas na busca da solução de problemas padrões. O Princípio de Conservação de Energia acaba por ser identificado com problemas do tipo, “montanha russa”, “looping” e eventualmente pêndulo. Assim, seguindo a orientação proposta nos diversos livros didáticos, os professores de Ensino Médio não ressaltam a

relevância dos Princípios, como determinantes das possibilidades, simplificações e limitações na interpretação de um dado sistema físico (Custódio Filho e Oliveira, 2000).

No estudo dos movimentos, é indispensável trabalhar as ideias de conservação, em particular, como é o caso deste trabalho a conservação da quantidade de movimento (momentum linear), pois conforme destaca PARANÁ (2008):

A conservação de *momentum* está enraizada na própria concepção de homogeneidade do espaço – simetria de translação do espaço – ao menos do ponto de vista clássico. Além disso, encontra lugar no estudo de colisões ou de eventos que algum tipo de recuo se manifesta, como no caso de colisões entre partículas (PARANÁ, 2008, p.59).

O desdobramento do estudo do momentum leva aos conceitos de espaço, tempo e matéria que são fundamentais para a sustentação da Física Newtoniana. Conforme destaca PARANÁ (2008):

A Física Newtoniana ampara-se em ideias mecanicistas e deterministas de mundo e sustenta-se na ideia de que se conhecêssemos a posição inicial, o momentum da partícula e sua massa, todo seu futuro poderia ser determinado (PARANÁ, 2008, p. 51).

É justamente as limitações da Física Newtoniana que pode possibilitar a discussão de assuntos da Física moderna e contemporânea, como o Princípio da Incerteza, por exemplo.

Conforme já destacado, a *mecânica newtoniana* descreve com boa aproximação o movimento de objetos em escala macroscópica, porém, com o surgimento de outras teorias contemporâneas, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (da ordem da velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escalas atômica e subatômica).

Outro aspecto que buscou-se discutir com a proposição da unidade didática sobre a conservação da quantidade de movimento foi a idealização de sistema isolado. Segundo Pietrocola (2010):

A quantidade de movimento de um sistema de corpos em determinado momento se conserva, desde que ele seja um sistema isolado. Chamamos de sistema isolado o sistema em que atuam somente forças internas, ou as forças externas podem ser desprezadas (PIETROCOLA, 2010, p.125).

Ainda segundo Belluco (2014), o tema “quantidade de movimento” é pertinente em função da sua fundamental importância tanto na história da física quanto no seu desenvolvimento contemporâneo. Entretanto, segundo o mesmo autor, esses conteúdos quase nunca são abordados nas salas de aula.

3.3. CAMPO DE APLICAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS

A aplicação das unidades didáticas ocorreu no Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho, localizado no município de Laranjeiras do Sul, interior do estado do Paraná. O pesquisador que desenvolveu o trabalho é professor do estabelecimento com vínculo permanente e já atua há mais de 12 anos na instituição.

De acordo com o Projeto Político Pedagógico da Instituição (2014)⁸, o Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho é uma Instituição constituída de Ensino Fundamental e Médio, localizado em um bairro com muitas deficiências na infraestrutura urbana e saneamento, onde as famílias sofrem as consequências de uma sociedade desigual que não oferece as mesmas condições para se viver com qualidade para todos.

Essa realidade vem sofrendo alterações no sentido positivo com implantação e acesso da maioria aos programas sociais como, por exemplo, o Bolsa Família e o Leite das Crianças, de modo que se justifica a implementação de programas educacionais que valorizem o conhecimento científico no processo educacional como elemento a mais para o aprimoramento sociocultural.

Ainda segundo o documento norteador, é importante também observar o baixo nível de escolaridade das famílias da comunidade escolar, que apresenta um grande número de analfabetos, os quais conseguem, ainda com certa dificuldade,

⁸ Disponível na rede web pelo endereço:

<http://www.ljsjosemarcondes.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/31/1340/2620/arquivos/File/PPP2014.pdf>

assinar o próprio nome. A maioria possui apenas o Ensino Fundamental incompleto. Poucos possuem o nível médio ou superior.

A violência e a desigualdade social são outros aspectos relatados no documento:

A violência quando se manifesta no âmbito escolar é denominada como indisciplina, e pode ser de alunos com relação a outros alunos e de alunos com relação ao corpo docente. Nos dois casos, sabe-se que o aluno está refletindo, em parte, a sua realidade, a sua situação de vida. Quanto à desigualdade social, que se torna cada vez mais evidente e visível, a escola está inserida num meio social que tem esta característica e atende, em sua maioria, alunos que sofrem com esta desigualdade. Sendo assim, tem uma importante tarefa de conscientização, para que os indivíduos não sejam manipulados e percebam as contradições desta sociedade. Pois, assim sendo, existem maiores chances de superação desta realidade (Projeto Político Pedagógico do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho, 2014, p.7).

No que diz respeito ao município, essa instituição tem grande importância, sendo que o número de alunos atendidos nas diferentes séries é significativo e ela está situada em um ponto estratégico para atendimento de estudantes da periferia e desenvolvimento social da comunidade. Também, evidenciamos existir plena conscientização, por parte de todos os envolvidos no processo educacional, quanto à importância que tem o estudo na vida desses estudantes, sendo que, por meio do ensino, existe também a busca pela ascensão social.

Em relação à infraestrutura, o colégio funciona no prédio do CAIC⁹ Irmã Dulce, município de Laranjeiras do Sul, dispõe de salas de aulas improvisadas com pouco espaço, conforme mostra a figura 1:

⁹ Centro de Atenção Integral a Criança e ao Adolescente

Figura 1 - Sala de aula do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.



Fonte: O autor.

Possui também uma quadra de esporte, secretaria, sala dos professores, pátio, biblioteca, banheiros, refeitório, laboratório de ciência e informática. A figura 2 mostra o laboratório de informática da instituição:

Figura 2 - Laboratório de Informática do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.



Fonte: O autor.

O Laboratório de Informática tem 22 computadores, com conexão de acesso à rede web, mas que apresenta lentidão quando há o acesso simultâneo à rede. Por essa razão, em algumas atividades, a solução encontrada foi realizar atividades computacionais demonstrativas, onde um computador (com acesso à rede web) era conectado ao projetor multimídia.

O Laboratório de Ciências do Colégio, em virtude do espaço reduzido, inicialmente era compartilhado como depósito de materiais de limpeza (ver compartimento de madeira) e posteriormente serviu depósito de imobiliário (as mesas empilhadas no fundo da sala), como mostra a figura 3:

Figura 3 - Laboratório de Ciências do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho.



Fonte: O autor.

Por essa razão, as atividades experimentais foram realizadas em sala de aula e não no laboratório.

3.4. MANUAL DO PROFESSOR

Como já foi destacado no início desse capítulo, o manual do professor é um dos materiais que compõem o produto educacional. Ele foi preparado para professores de Física do Ensino Médio, com objetivo de apresentar aspectos teóricos e metodológicos que viabilizem a aplicação das unidades didáticas destinadas aos estudantes.

O manual apresenta uma descrição da estrutura das unidades didáticas, as finalidades e as sugestões de trabalho em classe, um tutorial para utilização das simulações computacionais e as respostas dos exercícios propostos aos estudantes.

A efetiva aplicação da proposta com os estudantes, a fundamentação teórica e metodológica resultante do curso das disciplinas de mestrado, o diálogo constante com o orientador deste trabalho, a elaboração da dissertação, as conversas e as

sugestões dos professores que contribuíram na leitura crítica do material, foram elementos fundamentais para elaboração do manual do professor.

Visou-se, também com o manual do professor, divulgar ainda mais as unidades didáticas produzidas para que o mesmo material possa ser utilizado também em outros espaços pelos professores, se assim o desejarem, adaptando-o à realidade dos seus ambientes de trabalho e público alvo.

3.5. OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

O procedimento de coleta dos dados foi realizado por diferentes instrumentos. A decisão por optar por diferentes procedimentos de coleta de dados surgiu da preocupação em conferir maior validade e legitimidade ao produto educacional produzido.

Na sequência serão apresentados os instrumentos utilizados para o procedimento de coleta de dados resultantes do processo de construção, de aplicação e de avaliação do trabalho.

3.5.1. QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO: DIAGNÓSTICO

Conforme já mencionado na seção 3.2, um dos aspectos fundamentais que serviram para pautar e justificar a escolha dos conteúdos específicos abordados nas unidades didáticas, foram as opiniões emitidas pelos integrantes do GTC. Para tanto, foi elaborado um questionário *on-line* criado por meio da ferramenta do *Google Drive*, e enviado para 5 (cinco) professores de Física do grupo.

O questionário encontra-se disponibilizado nesta dissertação no apêndice F. O instrumento continha 7 (sete) questões e, ao responder, o participante não precisava se identificar.

O objetivo dessa ação, além do diagnóstico, era problematizar e discutir aspectos relacionados com a temática deste trabalho, tais como: metodologias, recursos didáticos, conteúdos abordados (ou não) no primeiro ano do Ensino Médio etc. As informações obtidas com a aplicação do formulário serão melhor discutidas na seção 3.6.

3.5.2. PRÉ E PÓS TESTES

Antes e após a aplicação das unidades didáticas foram elaborados os seguintes instrumentos de análise para a coleta dos dados:

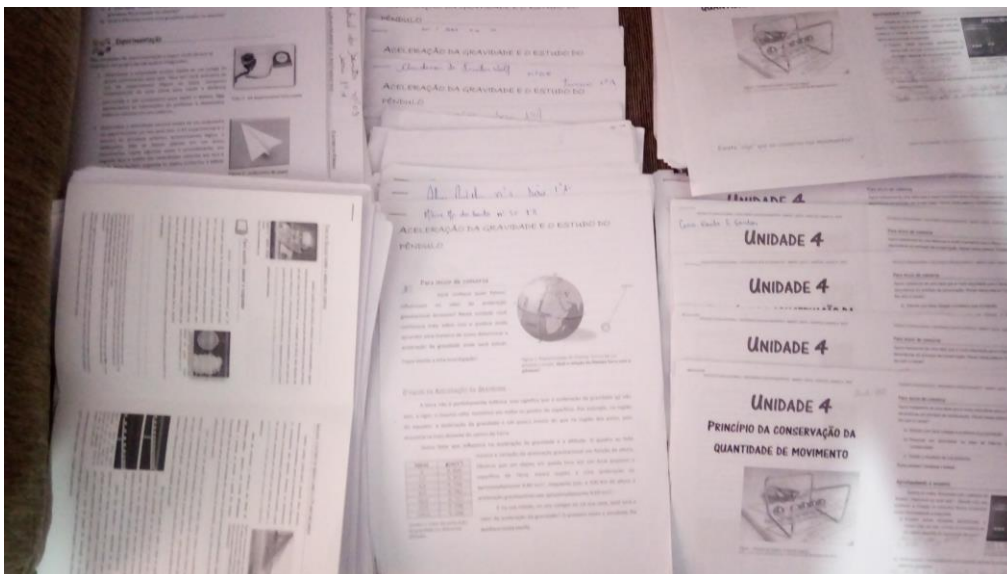
- **Pré-teste:** aplicado antes do início do trabalho pedagógico com a unidade didática. Visa identificar as concepções espontâneas dos estudantes;
- **Pós-teste:** aplicado após a aplicação da unidade didática. Esse instrumento, idêntico ao pré-teste, serviu para analisar a evolução do nível de apropriação dos conteúdos por parte dos estudantes;

Os testes utilizados encontram-se disponibilizados nos apêndices B, C, D e E desta dissertação. Os resultados obtidos com a aplicação serão apresentados e debatidos no próximo capítulo.

3.5.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELOS ESTUDANTES

Durante o desenvolvimento das unidades, buscou-se recolher dos estudantes o máximo possível de trabalhos feitos em cada unidade didática. O objetivo foi analisar a pertinência das respostas e comentários realizados pelos estudantes, conforme observa-se na figura 4:

Figura 4 – Atividades realizadas pelos estudantes durante a aplicação das unidades didáticas.



Fonte: O autor.

É importante ressaltar que os pais dos alunos ou os responsáveis por eles foram informados da aplicação do projeto. Todos assinaram o termo de consentimento informado e esclarecido (Apêndice H) em que autorizam a participação e o uso da imagem, fala e escrita dos estudantes para fins acadêmicos.

Entretanto, visando preservar os estudantes, aquelas fotografias em que aparece o rosto dos estudantes foi borrado. As respostas e os comentários utilizados nesta dissertação não trazem a identificação dos estudantes.

O relato das principais respostas e comentários presentes nas atividades serão explicitados no próximo capítulo.

3.5.4. OBSERVAÇÕES DO PESQUISADOR

O pesquisador que desenvolveu o trabalho procurou anotar e relatar as observações feitas em sala de aula sobre o envolvimento dos estudantes nas atividades em andamento das aulas para estabelecer um paralelo com a análise dos trabalhos, conforme demonstra a figura 5:

Figura 5 - Pesquisador aplicador da proposta observando os estudantes realizarem as atividades.



Fonte: O autor.

O relato das observações da aplicação das unidades didáticas será apresentado no próximo capítulo.

3.5.5. QUESTIONÁRIO: NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS ESTUDANTES

Outro instrumento de análise elaborado, e distribuído aos estudantes participantes do projeto, foi um questionário estruturado para averiguar a satisfação dos estudantes com a proposta.

O questionário encontra-se disponibilizado no apêndice A desta dissertação. O instrumento foi aplicado após o trabalho realizado com a primeira unidade.

Os resultados decorrentes da aplicação deste instrumento serão apresentados no próximo capítulo.

3.5.6. PARECER DO GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO

Todos os instrumentos destacados anteriormente serviram de parâmetros para avaliação e reestruturação da proposta.

Além disso, após o trabalho realizado em sala de aula, o produto educacional, constituído pelas unidades didáticas e o manual do professor, foram submetidos para análise e parecer individual dos professores de Física que integram o Grupo de Trabalho Colaborativo.

As respectivas fichas de avaliação das unidades didáticas e manual do professor, encontra-se disponibilizados no apêndice G desta dissertação. Os resultados serão analisados no capítulo 4.

3.6. GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO

Como já abordado ao longo desta dissertação, a proposição do GTC foi uma estratégia fundamental para legitimidade desta proposta. Nesta seção, trataremos com mais profundidade das finalidades do grupo.

O Grupo de Trabalho Colaborativo (GTC) foi a denominação atribuída aos professores de Física da região Centro Oeste do Paraná que contribuíram nesta proposta. O objetivo principal foi viabilizar um espaço para discussão do diagnóstico da realidade escolar, do projeto de pesquisa e do produto educacional.

As contribuições vindas do grupo permitiram nortear o desenvolvimento do projeto de pesquisa e a elaboração do produto educacional, de modo a redimensionar o quadro teórico-metodológico adotado, de maneira que a proposta

encontrasse sustentação na prática pedagógica. Nesse sentido, a expectativa é que o produto educacional finalizado possa ser utilizado pelos professores colaboradores e divulgado também por eles para demais colegas da Rede Estadual. Tal iniciativa poderá incentivar outros professores a elaborarem produtos educacionais, e até mesmo a cursarem um Mestrado Profissional.

Na fase inicial de elaboração do produto educacional, buscava-se um diagnóstico que permitisse corroborar ou confrontar algumas ideias com a realidade escolar em outros ambientes de trabalho. Para tanto, enviamos a 5 (cinco) professores da região que atuam rede pública estadual, um link para acesso a um formulário eletrônico (Apêndice F), com 7 (sete) questões, a fim de diagnosticar, de problematizar e de discutir: metodologias, recursos didáticos e conteúdos abordados (ou não) no primeiro ano do Ensino Médio

Em cada questão destinou-se um campo para que os participantes pudessem comentar as suas respostas. As perguntas, as respostas e os comentários dos professores participantes do grupo de trabalho colaborativo estão descritos na tabela 1:

Tabela 1 - Resultados do diagnóstico realizado junto aos professores de física da região.

(continua)

1) Você realiza atividades experimentais nas aulas de Física?	
SIM – 100% NÃO – 0%	<i>“Na medida do possível, pois não há laboratório para executar as atividades, nem laboratorista, nem material para uso em quantidades suficientes.”</i>
2) Você utiliza simulações computacionais ou softwares educacionais nas suas aulas de Física?	
SIM – 60% NÃO – 40%	Quem respondeu “NÃO”, justificou: <i>“Por que as simulações “travam” os computadores da escola devido a conexão a internet ser lenta.”</i> <i>“Poucas vezes pois não temos materiais necessários, computador em pleno funcionamento que estejam disponíveis.”</i>

Tabela 1 - Resultados do diagnóstico realizado junto aos professores de física da região.

(continuação)

3) Caso utilize simuladores ou softwares computacionais, quais das opções abaixo são utilizadas com frequência?	
Dos que utilizam: 75% - Usam simuladores Phet 25% - Usam o Modellus	
4) Você integra atividades experimentais e simulações computacionais na abordagem dos conteúdos de Física?	
60% - Sim, frequentemente 40% - Sim, às vezes	
5) Sobre os conteúdos tradicionalmente trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio, em quais os estudantes apresentam maior dificuldade?	
Assuntos citados: 1º) Estudo descritivo do movimento; 2º) Princípio da conservação da quantidade de movimento; 3º) Leis de Newton; 4º) Princípio da Conservação da Energia Mecânica; 5º) Leis de Newton.	Comentários realizados: <i>“Em geral, há uma grande dificuldade, que se deve muito à baixa dedicação aos estudos, à pouca leitura. É uma questão cultural da maioria das pessoas, e isto se propaga na classe estudantil.”</i>
6) Ao abordar os modelos científicos, especialmente os modelos matemáticos, qual dificuldade é mais evidente?	
60% - Dificuldade em compreender conceitualmente o modelo científico e interpretar resultados. 40% - Dificuldade em efetuar os cálculos.	Comentário realizado: <i>“Poderia apontar as duas. Se não consegue interpretar, não consegue matematizar.”</i>

Tabela 1 - Resultados do diagnóstico realizado junto aos professores de física da região.

(conclusão)

7) Evidentemente nem todos os conceitos de Física são possíveis de serem abordados no Ensino Médio, em virtude do número reduzido de aulas, opção curricular, dificuldades estruturais etc. Dos conceitos relacionados abaixo, quais não são discutidos no Ensino Médio:	
Entre os mais citados: 1º) Velocidade Vetorial Média; 2º) Movimento do pêndulo; 3º) Atrito em meios fluídos; 4º) Fatores que influenciam o campo gravitacional; 5º) Plano inclinado	Comentário realizado: <i>“Procuro abordar todos estes conteúdos. Não há conteúdo privilegiado, nem desprezado. Porém, em alguns casos, não é possível aprofundar adequadamente alguns deles.”</i>

Fonte: O autor.

Nesse questionário percebe-se claramente na primeira questão claramente que a totalidade dos participantes realiza atividades experimentais. Um participante destaca, em seu comentário, as dificuldades estruturais que a maioria dos colégios públicos apresentam, tais como: falta de laboratório, laboratorista e material adequado.

Na segunda questão, uma maioria utiliza simulações ou softwares educacionais em suas aulas. Os participantes que não utilizam justificam relatando problemas técnicos com uso dos computadores e conexão lenta de internet, o que, de fato, é comum na maioria das escolas públicas.

A terceira questão revela que dos professores que utilizam simulações ou softwares educacionais, a maioria deles relatam que utiliza os simuladores “Phet”. Outros participantes relatam que utilizam o software “Modellus”.

A quarta questão demonstra que a maior parte dos participantes que utilizam simulação ou software educacional procuram integrar frequente ou ocasionalmente as atividades experimentais e computacionais em suas práticas.

A quinta questão apresenta os conteúdos citados pelos participantes como aqueles que os estudantes apresentam maior dificuldade. Os assuntos mais citados corroboraram com muitas das ideias pré-concebidas por conta da experiência

acumulada e da fundamentação teórica. Por essa razão, as unidades didáticas produzidas tratam de conteúdos citados nesta pesquisa como de maior dificuldade.

A sexta questão demonstra que a maioria dos participantes acreditam que a maior dificuldade em abordar os modelos científicos, está no fato de os estudantes não compreenderem conceitualmente o modelo científico e interpretar resultados. Um participante comentou que poderia selecionar as duas possibilidades, pois, segundo ele, se o estudante não consegue interpretar, não consegue matematizar.

A última questão foi importante para ratificar que boa parte dos assuntos que os estudantes apresentam maior dificuldade, tais como velocidade vetorial média e princípio da conservação da quantidade de movimento, não são abordados no Ensino Médio. Um participante pondera que procura abordar todos os conteúdos, ressaltando que não há conteúdo privilegiado, nem desprezado. Porém, em alguns casos, reconhece que não é possível aprofundar adequadamente alguns deles.

Essas informações coletadas na última questão foram importantes para o desenvolvimento deste trabalho, pois, ao tratar destes conteúdos nas unidades didáticas, apresenta-se uma via teórica e metodológica alternativa para o professor trabalhar esses conteúdos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a avaliação do produto educacional foram considerados os seguintes instrumentos de análise:

- a) **Comparação entre os resultados do pré e pós testes:** instrumentos de investigação do aprendizado do estudante e de diagnóstico dos conceitos científicos escolares ainda não compreendidos por ele, além de indicar o quanto o nível de desenvolvimento potencial tornou-se em nível real (VIGOTSKI, 1991).
- b) **Relato da implementação das unidades didáticas:** considerando a qualidade das atividades realizadas, as observações pessoais relacionadas à atitude e ao envolvimento dos estudantes.
- c) **Nível de satisfação dos estudantes:** foi elaborado e distribuído aos estudantes participantes do projeto, um questionário próprio, a fim de verificar a opinião desses sobre as atividades desenvolvidas, aplicadas no término da primeira unidade didática.
- d) **Parecer do Grupo de Trabalho Colaborativo:** questionário e parecer (ANEXOS A, B, C e D) respondido pelos professores a respeito do produto educacional destinado aos estudantes e do manual do professor.

4.1. RESULTADOS OBTIDOS DURANTE A APLICAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS

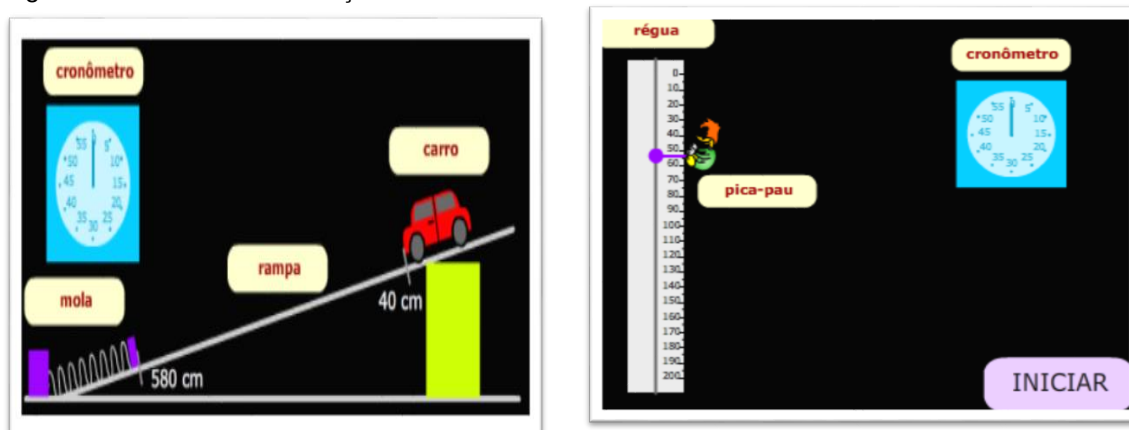
4.1.1. UNIDADE 1: VELOCIDADE

A unidade 1 abordou o conceito de velocidade e, como tratava-se da primeira unidade didática a ser aplicada, foi denominada de “unidade-piloto”. Nessa unidade piloto não foram elaborados os pré-testes e pós-testes que foram aplicados nas outras unidades, avaliou-se, apenas, o desempenho e o envolvimento dos estudantes da primeira série B, durante a realização das atividades.

Na abordagem da unidade desenvolveu-se duas atividades: uma simulação computacional e uma prática experimental. Cada atividade era acompanhada de um roteiro de questões, distribuídos aos grupos de estudantes que, com o diálogo e mediação do professor pesquisador, respondiam às questões.

A atividade computacional foi realizada no laboratório de Informática do colégio. Os estudantes da primeira série foram divididos em grupos de até 3 (três) estudantes por computador, e tinham como tarefa acessar a homepage do “Projeto Física Vivencial”, no endereço: <http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/ee/511/Executar.html>, e determinar a velocidade média do pica-pau e do carrinho na rampa, conforme figura 6:

Figura 6 - “Prints” das animações sobre velocidade.



Fonte das imagens: Projeto Física Vivencial – Disponível em www.fisicavivencial.pro.br/ - acesso em 28 de junho de 2016.

Durante a realização da atividade computacional, os estudantes foram orientados a retirar todas as informações necessárias para determinar a velocidade escalar média em cada situação estabelecida, tais como o espaço percorrido e o intervalo de tempo necessário para cumprir o trajeto.

A atividade possibilitou a discussão sobre o ponto material, pois nas duas animações, para simplificar, desprezou-se as dimensões dos móveis, tendo como base um ponto do móvel (por exemplo, bico do pica-pau) como referência para marcar a saída e a chegada. O envolvimento dos estudantes durante a realização da atividade computacional foi plenamente satisfatório. Percebia-se o interesse deles durante a atividade, observando-se a ausência de indisciplina no comportamento do corpo discente.

Todos os grupos conseguiram chegar facilmente ao resultado de 10 mm/s no caso do pica-pau, e 270 cm/s na situação do carro descendo a rampa. Surgiram dúvidas quanto ao uso das unidades de medidas corretas, mas com a mediação realizada, todas as questões foram sanadas. Convém salientar que os estudantes já haviam estudado em sala de aula o conceito de velocidade e isso facilitou o desenvolvimento da atividade.

Existia a preocupação dos computadores apresentarem problemas quando houvesse o acesso simultâneo à simulação computacional. Todavia, é importante relatar que os computadores não apresentaram “travamentos” nesta atividade. Provavelmente o fato de os estudantes realizarem o trabalho em grupo, conforme demonstra a figura 7, utilizando um número menor de computadores, contribuiu para que não ocorresse problemas de conexão com a internet.

Figura 7 - Grupo de estudantes realizando uma atividade computacional sobre velocidade.



Fonte: O autor.

Logo após a realização da atividade, retornou-se à sala de aula para segunda aula, momento em que discutiu-se o assunto referente às “grandezas escalares e vetoriais”. Durante a explanação do tema, enfatizou-se a necessidade de reconhecer a velocidade como uma grandeza de caráter vetorial, ou seja, que, para ser bem caracterizada, é necessário módulo, direção e sentido.

Na terceira aula, ocorrida na semana seguinte, realizou-se uma atividade experimental em sala de aula, primeiramente para determinar a velocidade escalar

média (desprezando a direção e sentido) de um estudante caminhando normalmente pela sala. Na ocasião solicitou-se que uma dupla de estudantes ficasse responsável por medir, com o auxílio de uma trena, a distância percorrida pelo colega, e que outro estudante ficasse responsável por medir o tempo utilizando o cronômetro. Todos os estudantes dispunham de um roteiro, em que anotavam os valores aferidos, e com base nessas informações, determinaram a velocidade escalar média do estudante de aproximadamente 1 m/s.

Nesta mesma aula e durante a quarta aula, no pátio da escola, realizou-se a segunda etapa da atividade experimental para determinar a velocidade vetorial média de um “aviãozinho de papel”, conforme demonstra a figura 8.

Figura 8 - Fotos da atividade experimental que os estudantes realizaram sobre velocidade.



Fonte: O autor.

Primeiramente, solicitou-se a um estudante, hábil na confecção de um aviãozinho, que construísse o aparato. Enquanto confeccionava, o professor pesquisador, que aplicou as unidades didáticas, orientou os estudantes que diferentemente da situação anterior (para o cálculo da velocidade escalar média), era necessário medir o vetor deslocamento do aviãozinho. Ou seja, não importava a trajetória desenvolvida pelo avião no lançamento, mas sim o vetor deslocamento como o segmento de reta que unia o ponto da sua saída ao ponto de chegada. Enfatizou-se a necessidade de medir o tempo normalmente com um cronômetro e, da mesma forma, designou-se um estudante para essa tarefa.

Outro diferencial para esta atividade, em relação à anterior, foi o uso da bússola, pois no roteiro que os estudantes receberam, em que deveriam, além de

indicar do módulo da velocidade, informar a direção e o sentido do voo. E, assim, designou-se um estudante para ficar com a bússola para indicar o sentido de voo do aviãozinho. Repetiu-se algumas vezes o lançamento, esclarecendo aos estudantes que numa atividade experimental, tal procedimento é necessário para minimizar possíveis erros de medida.

Todos os grupos de estudantes conseguiram concluir com êxito a atividade. Encontraram o módulo da velocidade média do aviãozinho de 3 m/s, sendo que a direção do voo do aviãozinho (coincide com o vetor deslocamento) é horizontal, e a orientação da trajetória variava de lançamento para lançamento.

No final da atividade experimental, aproveitou-se para discutir a diferença entre velocidade média e média de velocidades que não são conceitos equivalentes. Ao término da aula foi solicitado que os estudantes elaborassem um relatório sobre as atividades experimentais e computacionais realizadas.

4.1.1.1. RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO DA UNIDADE 1

A unidade 1 foi importante para ratificar o caminho estabelecido que tinha, como objetivo principal, e integrar atividades experimentais e computacionais para promover uma melhor compreensão dos modelos científicos. De certa forma, os resultados foram satisfatórios, mas percebeu-se que poderia aperfeiçoar a unidade 1 e as outras unidades a serem elaboradas.

Para tanto, posteriormente, optou-se em integrar não somente atividades experimentais e computacionais em cada unidade didática, como também atividades teóricas de debate e pesquisa que estimulasse a dinamicidade das aulas. Tal encaminhamento só viria a consolidar a teoria sociointeracionista de Vigotski, referencial teórico que embasou esta pesquisa. Nesta perspectiva privilegia-se o diálogo, o intercâmbio de significados, portanto, a interação social fortalece o papel do professor como o mediador que trabalha na região da “zona de desenvolvimento proximal”, que atua entre o conhecimento que os estudantes possuem e o conhecimento formalmente aceito pela comunidade científica. Além disso, o que se observou durante a implementação da unidade foi importante para planejar e

promover ajustes na unidade didática. Essa unidade didática, juntamente com as demais reformuladas, foi posteriormente avaliada pelo GTC¹⁰.

Especificamente nessa unidade didática, buscou-se estruturá-la posteriormente com a seguinte questão norteadora, “O que é velocidade?”. Tal questão está embasada em uma situação particular do atletismo, a notória performance de Usain Bolt, abordando-se a incrível velocidade que o atleta pode atingir. Justifica-se tal encaminhamento visando motivar os estudantes para o estudo do conceito, pois, ao tratar de um evento do mundo dos esportes, é quase certo de que se está trabalhando um assunto presente nas conversas e nas discussões diárias entre os estudantes.

4.1.2. UNIDADE 2: ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO

A unidade 2 abordou o estudo da queda livre e sua relação com os estudos realizados por Galileu Galilei, no século XII, no plano inclinado.

Iniciou-se o trabalho solicitando aos estudantes que respondessem a um questionário, o qual denominamos de pré-teste, com a intenção de averiguar o nível de conhecimento que possuíam sobre o assunto, visando também planejar novas intervenções durante a unidade. Foi esclarecido aos estudantes a importância do procedimento diagnóstico para nortear as ações do projeto de pesquisa, que era normal naquele momento surgirem dúvidas, mas que essas seriam sanadas no decorrer do trabalho.

Na tabela 2, apresenta-se as questões e os respectivos resultados do pré-teste realizado com 32 (trinta e dois) estudantes das primeiras séries do ensino médio do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho no ano letivo 2015:

Tabela 2 - Questões e resultados do pré-teste referente a unidade II.

(continua)

1 - A queda livre é o movimento pelo qual:	
a. A resistência do ar é considerada.	a. 51,5%
b. A resistência do ar é desprezível.	b. 48,5%

¹⁰ GTC – Grupo de Trabalho Colaborativo: grupo constituído por professores de Física de colégios de Laranjeiras do Sul e municípios próximos que colaboraram com a proposta.

Tabela 2 - Questões e resultados do pré-teste referente a unidade II.

(continuação)

2 - Uma das interpretações sobre a queda livre dos objetos ressaltava que “corpos pesados caíam mais depressa” quando soltos da mesma altura. Essa interpretação é atribuída a:	
a. Aristóteles;	a. 37,5%
b. Galileu Galilei;	b. 62,5%
c. Isaac Newton;	c. 00,0%
d. Albert Einstein	d. 00,0%
3 - Um objeto caindo em queda livre apresenta:	
a. Aceleração constante. *	a. 28,5%
b. Velocidade constante.	b. 71,42%
4 - Com que taxa a velocidade de um objeto em queda livre varia aproximadamente:	
a. 9,8 m/s a cada segundo. *	a. 57%
b. 9,8 m/s a cada hora.	b. 0%
c. 9,8 m/s a cada minuto.	c. 7%
d. 9,8 km/h a cada segundo	d. 36%
5 - Uma pedra é abandonada do alto de um prédio e atinge o chão 3,0 segundos depois realizando um movimento uniformemente variado. Considere sua concepção de queda livre (questão 1) e o valor da variação da velocidade de um objeto em queda livre (questão 4) e determine a altura deste prédio. O valor encontrado foi:	
a. 10 m	a. 14%
b. 30 m	b. 50%
c. 45 m*	c. 22%
d. 60 m	d. 14%
6 - Em relação ao exercício anterior, qual será a velocidade da pedra ao chegar no chão:	
a. Zero.	a. 36%
b. 10 m/s.	b. 7%
c. 30 m/s.*	c. 50%
d. 45 m/s.	d. 7%

Tabela 2 - Questões e resultados do pré-teste referente a unidade II.

(conclusão)

7 - Uma esfera de bronze rola numa rampa inclinada por canaleta perfeitamente lisa e reta (figura a seguir). Durante o movimento no plano inclinado pode-se afirmar que aceleração da esfera:	
a. Nula.	a. 7,6%
b. É constante e positiva*.	b. 21,4%
c. É constante e negativa.	c. 0%
d. É variável.	d. 71%
* alternativa correta	

Fonte: O autor.

Verificou-se, na tabela 2, que metade da turma ainda não concebia o conceito de queda livre na questão 1. Na questão 2, os estudantes concentraram as respostas em Galileu Galilei e Aristóteles, entretanto, a grande maioria atribuiu erroneamente a concepção que “corpos mais pesados caem mais depressa” a Galileu.

Demonstrou-se, na questão 3, que a maioria dos estudantes achavam que numa situação de queda livre um objeto cai com velocidade constante. Na questão 4, observa-se que um pouco mais da metade dos estudantes entendem corretamente a taxa de variação de velocidade de um objeto em queda livre.

A questão 5 demonstra que metade dos estudantes atribuíram erroneamente a altura de 30 m para o prédio, pois provavelmente idealizam um modelo “altura = gravidade x tempo” para determinar esse valor. A metade dos estudantes também acertaram a questão 6, pois provavelmente apostaram no modelo “velocidade = gravidade x tempo” para determinar esse valor.

Na questão 7, verifica-se que a maioria dos estudantes concebem que a aceleração é variável, revelando que possivelmente os estudantes ainda não distinguem com clareza velocidade e aceleração, ou mesmo não compreendem satisfatoriamente o significado de aceleração constante positiva e aceleração constante e negativa.

4.1.2.1. RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO DA UNIDADE 2

Iniciou-se o trabalho com a unidade didática apresentando a seguinte questão: “como explicar a velocidade dos corpos em queda livre?”. Com isso, visou-se identificar as concepções prévias solicitando a eles que anotassem no caderno sua concepção.

Entre as principais concepções relatadas pelos estudantes estão: “A *velocidade sempre aumenta*” (maioria dos estudantes apresentam esta compreensão, entretanto, não explicam como se ocorre a variação de velocidade); “A *velocidade aumenta e depois se mantém a mesma*” (coincide com a ideia de Aristóteles);

Em seguida, para confrontar essas concepções, foi realizada a leitura do texto “O movimento natural segundo Aristóteles”, questionando se os alunos concordavam com as concepções expostas no texto e se suas concepções se assemelhavam com a interpretação de Aristóteles.

Na sequência, realizou-se uma atividade experimental na qual os estudantes, organizados em grupos, deixavam cair de uma mesma altura, e simultaneamente, pares de diversos objetos. Inicialmente deixavam cair duas folhas horizontais abertas, em seguida, uma folha aberta e uma amassada, depois, duas folhas amassadas e finalmente uma folha amassada e uma borracha.

Durante a atividade com a mediação do professor, os estudantes respondiam às questões propostas na unidade didática, analisando os fatores que influenciavam no tempo de queda dos objetos. Todos os grupos concluíram que a resistência do ar influenciava o tempo de queda, maior em objetos pouco aerodinâmicos, por exemplo, a folha aberta, como pode-se observar na figura 9.

Figura 9 - Foto da atividade experimental realizada pelos estudantes sobre queda livre. (a) queda de duas folhas horizontais abertas; (b) queda de uma folha aberta e uma amassada; (c) queda de duas folhas amassadas; (d) queda de uma borracha e uma folha amassada.



(a)



(b)



(c)



d)

Fonte das imagens: O autor.

Na atividade seguinte, realizou-se a leitura do texto “tese de Galileu para a queda dos corpos”, discutindo uma controvérsia histórica se, de fato, Galileu realizou experimentos ou se tratava-se apenas de uma conclusão lógica do cientista. O professor pesquisador que aplicou a unidade didática apresentou as conclusões de Galileu e sua tese para a queda livre: independentemente da massa dos objetos, quando soltos da mesma altura, chegariam ao solo simultaneamente.

Na sequência foi exibido o vídeo da atividade experimental realizada na NASA, desenvolvida em colaboração com a BBC de Londres, na maior câmara de vácuo do mundo. Nesse experimento, conforme mostra a figura 10, um feixe de penas e uma bola de boliche eram soltas primeiramente com o ar e depois no vácuo. A atividade foi muito significativa, os estudantes ficaram admirados ao assistirem um feixe de penas cair junto com uma bola de boliche, foi de vital importância para superarem a concepção aristotélica que objetos mais “pesados” caem mais depressa.

Figura 10 - Cena do vídeo apresentado aos estudantes onde uma bola de boliche e um feixe de penas caem com a mesma velocidade numa câmara de vácuo.



Fonte: Disponível no endereço: revistagalileu.globo.com – acesso em 28 de junho de 2016.

Na sequência exibimos trechos do documentário “Galileu: o mensageiro das estrelas”, no trecho em que Galileu realiza as experiências de queda livre e no trecho em que Galileu realiza o experimento de esferas rolando uma rampa inclinada, como na figura 11. Discutiu-se com os estudantes as dificuldades técnicas para sua realização do experimento, como, por exemplo, a dificuldade de medir o tempo.

Figura 11 - Imagem do trecho documentário “Galileu: o mensageiro das estrelas”.



Fonte: Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=C2NnZgTCMz0> – acesso em 28 de junho de 2016.

Uma das questões presente na unidade didática distribuída aos estudantes possibilitou tratar do problema da trajetória dos projéteis num lançamento oblíquo e possíveis vantagens financeiras que Galileu obteve naquela época, em que muitos avanços dos estudos da mecânica estavam associados à indústria da guerra. Esse trabalho foi muito significativo pois mostra a ciência associada ao contexto histórico e sociocultural da época, possibilitando ao estudante conceber a ciência como produção humana.

Outra questão presente na unidade, e explorada com a exibição do documentário, possibilitou discutir com os estudantes o modelo matemático que representa a aceleração da esfera num plano inclinado ($a = g \cdot \sin\theta$) e o que aconteceria se a inclinação da rampa fosse nula. Os estudantes conseguiram responder às questões conceituais com a ajuda do professor. As questões de cálculo foram desenvolvidas no quadro negro para sanar possíveis dúvidas.

Por fim, trabalhou-se o texto “descrevendo o movimento de queda livre”, em que discutiu-se os aspectos formais dos modelos científicos. Partindo das informações disponibilizadas em uma tabela presente na unidade didática, discutiu-

se as equações que relacionavam a altura e a velocidade em função do tempo de queda. Discutiu-se vários aspectos, tais como: o significado das expressões, a idealização presente em desprezar a resistência do ar, os gráficos, as características do movimento de queda livre.

Após esse trabalho, realizou-se o pós-teste para verificar se houve (ou não) a evolução da aprendizagem dos 32 (trinta e dois) estudantes em relação ao pré-teste. As questões com o respectivo percentual de respostas no pré e no pós-teste estão dispostos na tabela 3:

Tabela 3 - Resultados do pós teste da unidade II.

(continua)

1- A queda livre é o movimento pelo qual:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. A resistência do ar é considerada.	a. 51,5%	a. 35,8%
b. A resistência do ar é desprezível. *	b. 48,5%	b. 64,2%
2- Uma das interpretações sobre a queda livre dos objetos ressaltava que <i>“corpos pesados caíam mais depressa”</i> quando soltos da mesma altura. Essa interpretação é atribuída a:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. Aristóteles; *	a. 37,50%	a. 56,25%
b. Galileu Galilei;	b. 62,50%	b. 40,62%
c. Isaac Newton;	c. 0%	c. 0%
d. Albert Einstein;	d. 0%	d. 3,12%
3- Um objeto caindo em queda livre apresenta:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. Aceleração constante*	a. 28,50%	a. 68,75%
b. Velocidade constante.	b. 71,42%	b. 31,25%

Tabela 3 - Resultados do pós teste da unidade II.

(continuação)

4- Com que taxa a velocidade de um objeto em queda livre varia aproximadamente:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. 9,8 m/s a cada segundo*	a. 57,0%	a. 90,62%
b. 9,8 m/s a cada hora.	b. 0,0%	b. 9,38%
c. 9,8 m/s a cada minuto.	c. 7,0%	c. 0,00%
d. 9,8 km/h a cada segundo	d. 36,0%	d. 0,00%
5- Uma pedra é abandonada do alto de um prédio e atinge o chão 3,0 segundos depois realizando um movimento uniformemente variado. Considere sua concepção de queda livre (questão 1) e o valor da variação da velocidade de um objeto em queda livre (questão 4) e determine a altura deste prédio. O valor encontrado foi:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. 10 m	a. 14%	a. 3,1%
b. 30 m	b. 50%	b. 37,6%
c. 45 m*	c. 22%	c. 53,1%
d. 60 m	d. 14%	d. 6,2%
6- Em relação ao exercício anterior, qual será a velocidade da pedra ao chegar no chão:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. Zero.	a. 36%	a. 9,3%
b. 10 m/s.	b. 7%	b. 21,8%
c. 30 m/s.*	c. 50%	c. 65,6%
d. 45 m/s.	d. 7%	d. 3,1%

Tabela 3 - Resultados do pós teste da unidade II.

(conclusão)

7- Uma esfera de bronze rola numa rampa inclinada por canaleta perfeitamente lisa e reta (figura a seguir). Durante o movimento no plano inclinado pode-se afirmar que aceleração da esfera:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Respostas do pós-teste:
a. Nula.	a. 7,6%	a. 6,2%
b. É constante e positiva*.	b. 21,4%	b. 65,2%
c. É constante e negativa.	c. 0%	c. 0%
d. É variável.	d. 71%	d. 28,1%
* alternativa correta		

De modo geral, conclui-se que o pós-teste realizado revela, em todas as questões, a evolução no nível de compreensão da maioria dos estudantes. Entretanto, esperava-se um número maior de acertos, em torno de 100%, haja vista que o envolvimento dos estudantes na realização das atividades foi satisfatório. Ressalta-se, porém, que o pós-teste não foi instrumento “*crucis*” para analisar a viabilidade da proposta. Considerou-se todas as formas de interação, verbal e escrita, apresentadas pelos estudantes durante a implementação da proposta, já relatadas nesta dissertação.

Além disso, o conjunto desses resultados coletados durante e após a implementação foram importantes para planejar e promover ajustes nas unidades didáticas. Essas unidades didáticas reformuladas posteriormente foram avaliadas pelos professores do GTC.

Especificamente nesta unidade didática, a principal modificação promovida refere-se à questão norteadora, anteriormente, o problema era “Como explicar a velocidade dos corpos em queda livre?” e passou a ser “Como explicar a velocidade de queda da pinha do Pinheiro Araucária?”. A finalidade do ajuste é contextualizar o problema para uma situação que faz parte do contexto cultural do estudante, pois o Pinheiro Araucária é árvore-símbolo do estado do Paraná. Tal prerrogativa visa aproximar ainda mais a unidade didática com a perspectiva didática da teoria

sociointeracionista de Vigotski, pois considera a cultura dos estudantes como elemento na discussão dos conteúdos em sala de aula.

4.1.3. UNIDADE 3: ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO

A unidade apresenta os fatores que influenciam o campo gravitacional terrestre, indicando uma atividade experimental com um pêndulo simples que permite determinar a aceleração da gravidade local. Dessa forma, apresentaram-se atividades teóricas, experimentais e computacionais relacionadas ao estudo do pêndulo, ou seja, do movimento periódico.

Iniciou-se o trabalho solicitando aos estudantes que respondessem a um questionário, o qual denominamos de pré-teste, com o propósito de averiguar o nível de conhecimento que possuíam sobre o assunto e visando também planejar novas intervenções durante a unidade. Como já havia sido feito na unidade 2, novamente esclarecemos aos estudantes a importância desse procedimento diagnóstico e que, caso houvessem dúvidas, essas seriam sanadas no decorrer do trabalho.

O pré-teste foi realizado em uma aula com 32 estudantes: das primeiras séries do ensino médio do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho. Na tabela 4 são apresentadas as questões e os respectivos resultados do pré-teste realizado:

Tabela 4 - Resultado do pré-teste da unidade III.

(continua)

1- A Terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a gravidade não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da sua superfície. Em uma região próxima a linha do Equador, a aceleração da gravidade será:	
a. Maior em relação aos polos.	a. 43,75%
b. Menor em relação aos polos. *	b. 28,12%
c. Igual em relação aos polos.	c. 12,50%
d. Zero.	d. 15,63%

Tabela 4 - Resultado do pré-teste da unidade III.

(continuação)

2- O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000 m, a aceleração da gravidade no topo do monte será:	
a. Menor em relação ao nível do mar.*	a. 50%
b. Maior em relação ao nível do mar.	b. 40,62%
c. Igual em relação ao nível do mar.	c. 6,25%
d. Zero.	d. 3,12%
3- Na superfície de um planeta de massa M, um pêndulo simples de comprimento L, tem período T duas vezes maior que o período na superfície da Terra. A aceleração, devido à gravidade neste planeta, é:	
a. 20 m/s ²	a. 34,3%
b. 5,0 m/s ²	b. 12,5%
c. 2,5 m/s ² *	c. 34,3%
d. 15,0 m/s ²	d. 19,9%
4- Na Terra, certo pêndulo simples executa oscilações com período (T). O período desse pêndulo se posto a oscilar na Lua, onde a aceleração da gravidade é 6 vezes menor:	
a. Aumentaria em relação à Terra. *	a. 9,3%
b. Diminuiria em relação à Terra.	b. 59,3%
c. Permaneceria o mesmo período de oscilação.	c. 12,5%
d. Tenderia ao infinito.	d. 19,9%
5- O que aconteceria com o período de um pêndulo à medida que fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais:	
a. Aumentaria em relação à Terra.	a. 31,2%
b. Diminuiria em relação à Terra.	b. 21,8%
c. Permaneceria constante.	c. 21,8%
d. Tenderia ao infinito.*	d. 15,6%

Tabela 4 - Resultado do pré-teste da unidade III.

(conclusão)

6- Um pêndulo simples, de comprimento L, tem um período de oscilação T num determinado local. Para que o período de oscilação passe a valer 2T, no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado para:	
a. 2 L	a. 28,12%
b. 4 L*	b. 56,25%
c. 6 L	c. 12,50%
d. 7 L	d. 3,12%
7- Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, o período de um pêndulo simples, que tem comprimento de 1,6 m, será, aproximadamente:	
a. 2,5 s*	a. 31,2%
b. 5,0 s	b. 15,6%
c. 1,6 s	c. 37,5%
d. 1,0 s	d. 15,7%
8- Suponhamos que no Planeta "X", um pêndulo simples de comprimento 2 m, possui período de oscilação 4,0 s. A aceleração da gravidade neste planeta desconhecido será, aproximadamente:	
a. 2,5 m/s^2	a. 12,5%
b. 5,0 m/s^2 *	b. 21,8%
c. 7,5 m/s^2	c. 31,2%
d. 10 m/s^2	d. 34,6%
* alternativa correta	

Fonte: O autor.

No pré-teste ficou evidenciado que os estudantes desconheciam os fatores que influenciam a aceleração da gravidade (questões 1 e 2). Em relação às questões 3 a 8, que exigiam um conhecimento sobre o movimento do pêndulo simples, também fica evidente que os estudantes desconhecem os modelos científicos e as relações entre as grandezas físicas que explicam o movimento periódico.

4.1.3.1. RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO DA UNIDADE 3

Iniciou-se o trabalho com esta unidade didática apresentando a seguinte questão “Qual a relação entre o planeta Terra e o movimento do pêndulo?”, visando resgatar as concepções prévias que os estudantes possuíam. Não houve retorno, apenas um estudante disse “*movimento*”, talvez pelo fato de a questão não permitir uma resposta direta.

Foi um dia com duas aulas geminadas, em que, na primeira aula, o professor pesquisador apresentou no laboratório de informática por meio de uma apresentação de slides, as principais ideias contidas em dois textos da unidade didática: “o valor da aceleração da gravidade” e o “estudo do pêndulo”. Apresentou os fatores que influenciam na aceleração da gravidade. Em seguida, o pesquisador fez uma breve explanação das principais grandezas físicas envolvidas no movimento periódico: frequência, período, amplitude etc. Apresentou os modelos científicos que explicam o movimento do pêndulo simples. Solicitou aos estudantes que fizessem uma pesquisa na internet para encontrar as informações de altitude e latitude em Laranjeiras do Sul.

De posse dessas informações os estudantes acessaram o site: <http://www.sensorsone.com/local-gravity-calculator/>. O site possui uma calculadora virtual que permite estimar o valor do campo gravitacional em função das informações de altitude e latitude, sendo que o valor estimado para Laranjeiras do Sul foi de, aproximadamente, $9,78 \text{ m/s}^2$ conforme *print* da tela 12:

Figura 12 - Print de tela da calculadora virtual que estima o valor do campo gravitacional terrestre.

Location

Latitude [?]

Height [?]

Calculate Local Gravity

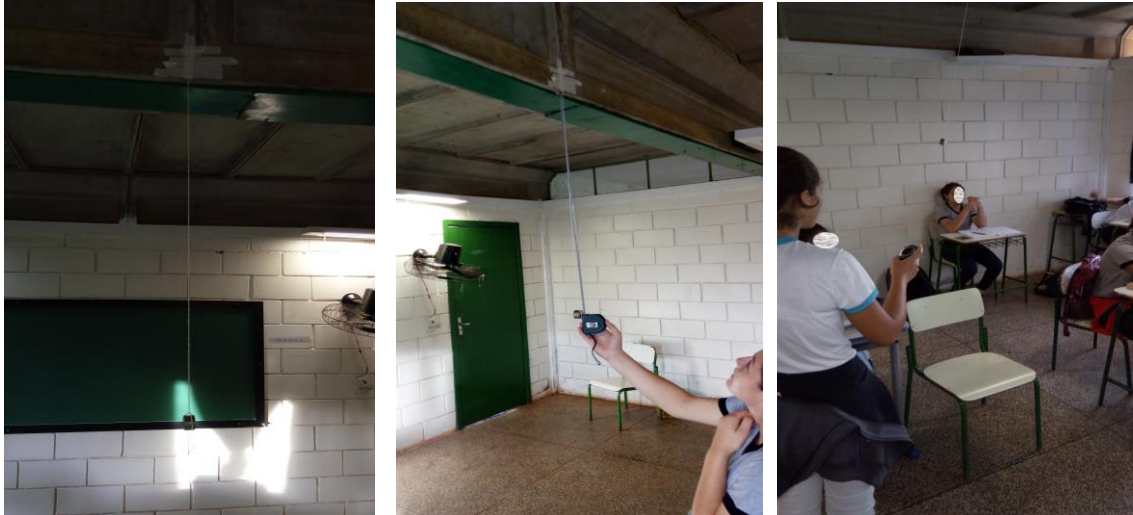
$g \text{ ms}^{-2}$ [?]

Fonte: <http://www.sensorsone.com/local-gravity-calculator/> - acesso em 28 de junho de 2016.

Na segunda aula realizou-se a atividade experimental para determinação do valor da aceleração da gravidade local. O envolvimento dos estudantes na

realização das tarefas foi muito significativo, pois todos queriam ajudar, conforme figura 13:

Figura 13 - Fotos tiradas durante a realização da atividade experimental para determinação da aceleração da gravidade local.



Fonte: O autor.

Foi proposto uma distribuição das atividades, de modo que alguns estudantes ficaram responsáveis pela fixação do pêndulo em uma viga da sala, um estudante ficaria responsável por registrar o tempo com o cronômetro, um estudante foi responsável em realizar medidas do comprimento do fio com a trena, um estudante responsável pela medida do ângulo com o transferidor, e os demais estudantes ajudariam fazendo a contagem do número de oscilações. Enfim, um trabalho cooperativo e com grande contribuição dos estudantes, foi muito gratificante!

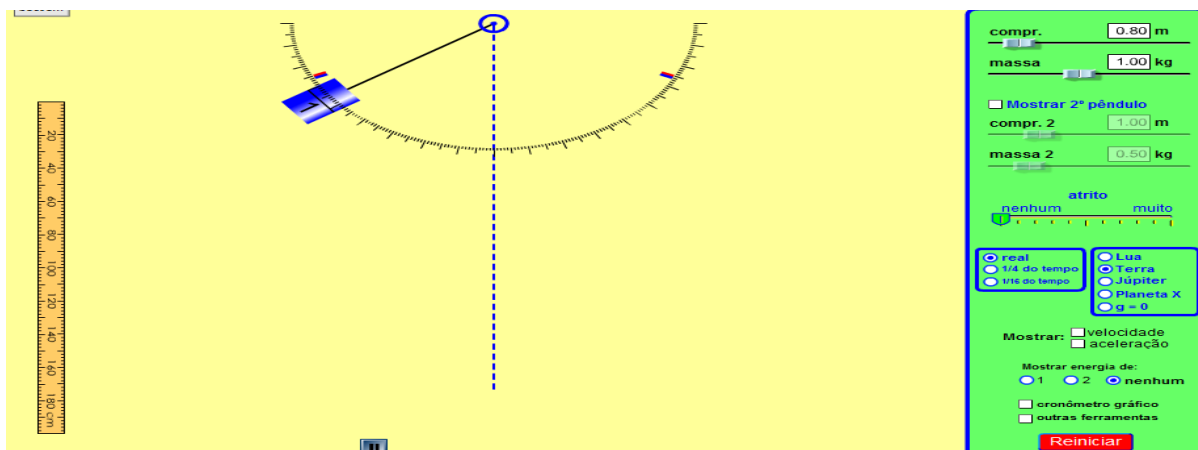
Explicou-se, inicialmente, o que correspondia uma oscilação completa, o que era período, frequência, amplitude etc. E, então, a atividade foi demonstrada experimentalmente, com os estudantes respondendo às questões inseridas no roteiro contido no material da unidade. Os estudantes, com a colaboração do pesquisador, realizaram os cálculos e chegaram ao valor de $9,75 \text{ m/s}^2$, resultado muito próximo do valor previsto na calculadora virtual. Foi ressaltado que o resultado encontrado era espetacular, pois tratava-se de um erro muito pequeno e os estudantes ficaram visivelmente felizes que chegaram a aplaudir o trabalho.

No encontro da semana seguinte, mesmo com um resultado considerado excelente, promoveu-se, na primeira aula, uma discussão sobre os fatores que pudessem ter interferido nas medidas realizadas e que levaram a um valor

divergente do previsto no site. Discutiu-se fatores tais como: base fixa do pêndulo, erros de medida, erros do aparelho (cronômetro), parâmetros que a calculadora virtual (programador da página) adota e as idealizações contidas no modelo do pêndulo simples: fio inextensível, massa desprezível etc. Ressaltou-se a importância de considerar o modelo utilizado – com suas idealizações e simplificações - com uma boa aproximação da realidade e não um retrato fiel dela.

Na segunda aula dessa semana, retornou-se ao laboratório de informática para trabalhar com a simulação “Laboratório de Pêndulos” disponível no “site” “Phet”, conforme mostra a figura 14:

Figura 14 – “Print” de tela da simulação “Laboratório de Pêndulos”.



Fonte: Imagem disponível no endereço: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab - acesso em 28 de junho de 2016.

Os alunos foram organizados em grupos de até três estudantes por máquina, mas mesmo assim os computadores não corresponderam, tudo travou, nada funcionou!

Diante da impossibilidade técnica, optou-se pelo plano “B” que consistia na demonstração da simulação aos estudantes por meio do projetor multimídia. Entretanto, como não havia tempo hábil naquele momento, agendou-se a realização da atividade para a semana seguinte com o uso do projetor multimídia.

Na semana seguinte foi apresentada a simulação computacional com o projetor, realizou-se todos os procedimentos e os estudantes respondiam as atividades contidas no roteiro de questões contido na unidade didática. Todas as dúvidas eram sanadas imediatamente com a mediação docente. No final da simulação, solicitou-se que os estudantes relatassem o que tinham aprendido com a

atividade computacional, visando compartilhar e internalizar significados, pressupostos da teoria de aprendizagem de Vigotski.

Alguns relatos foram compartilhados pelos estudantes para a turma, tais como:

“Observei que a gravidade varia de local para local”

“Com essa atividade percebemos a importância do movimento oscilatório”

“Entendi que a latitude e altitude influencia na gravidade”

“O atrito interfere e faz com que o pêndulo pare logo...”

“O resultado obtido mostra que foi bem executado”

“Quando varia a massa do pêndulo, não houve mudanças significativas no período”.

Após este trabalho, realizou-se o pós-teste para verificar se houve (ou não) evolução da aprendizagem dos estudantes em relação ao pré-teste. As questões com os respectivos percentuais de respostas obtidos no pré-teste e no pós-teste estão dispostos na tabela 5:

Tabela 5 - Resultado do pós-teste da unidade III.

(continua)

01.A Terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a gravidade não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da sua superfície. Em uma região próxima a linha do Equador, a aceleração da gravidade será:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Pós-teste:
a. Maior em relação aos polos.	a. 43,75%	a. 25%
b. Menor em relação aos polos.*	b. 28,12%	b. 75%
c. Igual em relação aos polos.	c. 12,50%	c. 0%
d. Zero.	d. 15,63%	d. 0%
02.O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000 m, a aceleração da gravidade no topo do monte será:		
Alternativas:	Respostas do pré-teste:	Pós-teste:
a. Menor em relação ao nível do mar.*	a. 50%	a. 78,5%
b. Maior em relação ao nível do mar.	b. 40,62%	b. 14,2%
	c. 6,25%	c. 3,6%
	d. 3,12%	d. 3,6%

Tabela 5 - Resultado do pós-teste da unidade III.

(continuação)

c. Igual em relação ao nível do mar.		
d. Zero.		
03.Na superfície de um planeta de massa M, um pêndulo simples de comprimento L, tem período T duas vezes maior que o período na superfície da Terra. A aceleração, devido à gravidade neste planeta, é:		
Alternativas: a. 20 m/s ² b. 5,0 m/s ² c. 2,5 m/s ² * d. 15,0 m/s ²	Respostas do pré-teste: a. 34,3% b. 12,5% c. 34,3% d. 19,9%	Respostas do pós-teste: a. 21,4% b. 0% c. 75% d. 3,6%
04.Na Terra, certo pêndulo simples executa oscilações com período (T). O período desse pêndulo se posto a oscilar na Lua, onde a aceleração da gravidade é 6 vezes menor:		
Alternativas: a. Aumentaria em relação à Terra. * b. Diminuiria em relação à Terra. c. Permaneceria o mesmo período de oscilação. d. Tenderia ao infinito.	Respostas do pré-teste: a. 9,3% b. 59,3% c. 12,5% d. 19,9%	Respostas do pós-teste: a. 39,3% b. 28,6% c. 17,9% d. 14,3%
05.O que aconteceria com o período de um pêndulo à medida que fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais:		
Alternativas: a. Aumentaria em relação à Terra. b. Diminuiria em relação à Terra. c. Permaneceria constante. d. Tenderia ao infinito.*	Respostas do pré-teste: a. 31,2% b. 21,8% c. 21,8% d. 15,6%	Respostas do pós-teste: a.6% b. 6% c. 6% d. 82%

Tabela 5 - Resultado do pós-teste da unidade III.

(conclusão)

06. Um pêndulo simples, de comprimento L, tem um período de oscilação T, num determinado local. Para que o período de oscilação passe a valer 2T, no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado para:		
Alternativas: a. 2 L b. 4 L* c. 6 L d. 7 L	Respostas do pré-teste: a. 28,12% b. 56,25% c. 12,50% d. 3,12%	Respostas do pós-teste: a. 7,1% b. 92,9% c. 0% d. 0%
7- Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, o período de um pêndulo simples, que tem comprimento de 1,6 m, será aproximadamente:		
Alternativas: a. 2,5 s* b. 5,0 s c. 1,6 s d. 1,0 s	Respostas do pré-teste: a. 31,2% b. 15,6% c. 37,5% d. 15,7%	Respostas do pós-teste: a. 82% b. 6% c. 6% d. 6%
8- Suponhamos que no Planeta "X", um pêndulo simples de comprimento 2 m, possui período de oscilação 4,0 s. A aceleração da gravidade neste planeta desconhecido será aproximadamente:		
Alternativas: a. 2,5 m/s^2 b. 5,0 m/s^2 * c. 7,5 m/s^2 d. 10 m/s^2	Respostas do pré-teste: a. 12,5% b. 21,8% c. 31,2% d. 34,6%	Respostas do pós-teste: a. 42,8% b. 50% c. 3,6% d. 3,6%
* alternativa correta		

Fonte: O autor.

De modo geral, conclui-se que o pós-teste revela em todas as questões a evolução no nível de compreensão da maioria dos estudantes. Dessa forma, ratifica-

se as expectativas, pois esperava-se um resultado satisfatório, haja vista o envolvimento dos estudantes na realização das atividades. Outro ponto positivo foi que, além de interpretar corretamente as questões conceituais, os estudantes também conseguiram desenvolver corretamente as questões que exigiam cálculo.

Ressalta-se, porém, que o pós-teste não foi o único instrumento para avaliar a viabilidade da proposta, como destacado na seção 3.5. Considerou-se todas as formas de interação, verbal e escrita, apresentadas pelos estudantes durante a implementação da proposta.

Além disso, o conjunto desses resultados coletados durante e após a implementação foram importantes para planejar e promover ajustes nas unidades didáticas. Essas unidades didáticas, reformuladas posteriormente, foram avaliadas pelos professores do GTC.

Especificamente, nesta unidade didática, não se reconheceu necessidade de grandes ajustes pois os resultados obtidos tanto no desenvolvimento quanto no pós-teste foram satisfatórios. Foram realizados pequenos ajustes em relação à redação, à ortografia e à ordem das atividades.

4.1.4. UNIDADE 4: PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A unidade 4 apresenta o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, que permite o estudo que vai desde a colisão de bolas de gude até a compreensão de processos que envolvem partículas em escala microscópica.

Iniciou-se o trabalho solicitando aos estudantes que respondessem um questionário, o qual denominamos de pré-teste, com a intenção de averiguar o nível de conhecimento que possuíam sobre o assunto, visando também planejar novas intervenções durante a unidade. Como já havia sido feito nas unidades 2 e 3, foi esclarecido aos estudantes a importância desse procedimento diagnóstico para nortear as ações do projeto de pesquisa. Certamente surgiriam dúvidas e essas seriam sanadas no decorrer do trabalho.

O pré-teste foi realizado em uma aula. Na tabela 6 apresenta-se as questões e os respectivos resultados do pré-teste realizado com 25 estudantes das primeiras

séries do ensino médio do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho no ano letivo 2015:

Tabela 6 - Resultado do pré-teste da unidade IV.

(continua)

1. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão pesado em repouso ou uma bicicleta em movimento? Justifique.	
Respostas:	Bicicleta - 72% A maioria justificou em virtude de a bicicleta estar em movimento e o caminhão em repouso. Caminhão - 28% A maioria justificou alegando que a massa do caminhão é maior.
2. Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h? Justifique.	
Respostas:	Moto - 21,4% A maioria justificou em virtude de a massa da moto ser menor. Caminhão - 68% A maioria justificou em virtude de a massa do caminhão ser maior. Igual - 10,6% Dois estudantes justificaram que é igual pois têm a mesma velocidade.
3. O que significa dizer que o <i>momentum</i> (ou qualquer grandeza) é conservado?	
Respostas:	Optaram em não responder - 80% Não apresentaram justificativa Alguns responderam - 20% Maioria justificou que é quando uma grandeza mantém a mesma intensidade.

Tabela 6 - Resultado do pré-teste da unidade IV.

(continuação)

4. Qual é o momentum de um caixote de 50 kg que desliza sobre uma superfície de gelo a 4 m/s?	
Respostas:	Optaram em não responder - 72% Não apresentaram justificativa Alguns responderam 200 (sem emprego de unidade) - 16% Multiplicaram 50 por 4 Alguns responderam 12,5 (sem emprego de unidade) - 12% Dividiram 50 por 4
5. Num trecho plano, um automóvel de massa 950 kg foi freado, e sua velocidade passou de 10 m/s para zero . Determine: - o valor da quantidade de movimento no início da freada. - o valor da quantidade de movimento no final da freada. - a variação da quantidade de movimento (ΔQ) nesse trecho.	
Respostas:	Maioria não respondeu nenhum item - 52% Não apresentaram justificativa Optaram em responder - 36% a) 10 m/s b) 0 c) Deixaram em branco Um estudante respondeu - 4% a) 9500 (sem unidade) b) 0 c) 950 kg Um estudante respondeu - 4% a) 10 m/s b) 0 c) -10 m/s Um estudante respondeu - 4% a) 10 m/s b) Zero c) 10 m/s à zero

Tabela 6 - Resultado do pré-teste da unidade IV.

(conclusão)	
6. Um homem de 70 kg e um menino de 35 kg, ambos usando patins, estão parados um diante do outro. Com um empurrão, o menino imprime no homem uma velocidade de 0,40 m/s e os dois se afastam. Qual é o valor da velocidade do menino depois do empurrão?	
Respostas:	Não responderam - 32 % 0,40 m/s - 56% 0,20 m/s - 4% 0,80 m/s - 4% 87,5 (sem unidade) - 4%

Fonte: O autor.

Na questão 1 da tabela 6, nota-se que a maioria dos estudantes atribuem corretamente à bicicleta a maior quantidade de movimento, pois o caminhão encontra-se em repouso e a bicicleta em movimento. Portanto, os alunos reconhecem a velocidade como um fator decisivo para quantidade de movimento.

Na questão 2 obteve-se três respostas distintas. A primeira resposta a maioria dos estudantes atribuem ao caminhão a maior quantidade de movimento em virtude da sua maior massa. A segunda resposta atribuem a moto a maior quantidade de movimento por ser mais leve. A terceira resposta os estudantes responderam que a quantidade de movimento entre os dois móveis é equivalente pois tem a mesma velocidade, ou seja, desprezaram o papel da massa.

Na questão 3, questionava-se a ideia de conservação, o que significava dizer que o momentum (ou qualquer outra grandeza) era conservada. Evidencia-se que a maioria dos estudantes ainda não apresentava uma concepção definida sobre conservação, aspecto importantíssimo e que precisava ser assimilado nas próximas etapas.

Na questão 4, recorria-se ao um modelo matemático para expressar quantidade de movimento. A maioria dos estudantes naquele momento não respondeu. Houve um grupo de estudantes que corretamente idealizaram a quantidade de movimento como um produto da massa pela velocidade ($m \cdot v$). Um outro número de estudantes apostou numa razão entre massa e velocidade (m/v) para explicar a quantidade de movimento.

Na questão 5 também se obteve várias respostas. A maior parte não respondeu. Outro grande número de respostas atribuíram a quantidade de movimento como sendo apenas o valor da velocidade, 10 m/s no item a, 0 (zero) no item b e deixaram em branco o item c, pois não associaram nenhum valor de velocidade que pudessem associar a uma variação da quantidade de movimento (ΔQ). Um estudante, embora não soubesse empregar a unidade correta, atribuiu a 9500 a quantidade de movimento no item a, idealizando a quantidade de movimento como um produto massa pela velocidade ($m.v$), no item b, entretanto não soube responder o item c. Houve também um estudante que atribuiu as respostas, 10 m/s, 0, 10 m/s a zero, respectivamente para os itens a, b e c, também associando a quantidade de movimento como grandeza equivalente à velocidade.

A questão 6 retratava a situação em que dois patinadores empurravam-se mutuamente numa pista de patinação e perguntava-se a velocidade do menino depois do empurrão. Uma parte dos estudantes não souberam responder naquele momento. A maioria respondeu 0,40 m/s que correspondia a mesma velocidade do homem após o empurrão, ou seja, desprezaram a influência da massa, que no caso do homem representava o dobro da massa do menino. Um estudante respondeu 0,20 m/s certamente baseando-se na ideia de que sendo a massa do menino metade do homem, sua velocidade deveria ser metade também. E um estudante acertadamente respondeu 0,80 m/s, baseando-se na ideia de que sendo a massa do menino metade do homem, sua velocidade deveria dobrar para que a quantidade de movimento fosse conservada.

4.1.4.1. RELATO DA IMPLEMENTAÇÃO DA UNIDADE 4

Iniciou-se o trabalho com a unidade 4, questionando os estudantes se “existe algo que se conserva nos movimentos?”, questionou-se o que cada um entendia por conservação, em seguida, solicitou-se a um estudante que procurasse no dicionário o significado da palavra conservação ou conservar e relatasse o resultado para a turma. O trabalho teve como meta relacionar o significado da palavra conservação do dicionário e o significado prévio que os estudantes apresentavam, transpondo para o contexto da Física. Em seguida, exibiu-se o vídeo “Brincando com o pêndulo de Newton”, como mostra a figura 15:

Figura 15 – Pêndulo de Newton.



Fonte da imagem: <http://www.pontociencia.org.br/> – Acesso em 20 de outubro de 2015.

Após a exibição do vídeo, algumas questões foram debatidas com os estudantes, partindo das orientações contidas na unidade didática. Quando questionados se existiam outras situações semelhantes à nossa volta, em que o início do movimento de um objeto depende do movimento do outro, muitos estudantes relataram no material:

“Andar de bicicleta, rede, balanço e chutar a bola”

“Jogar futebol, andar de bicicleta”

“Qualquer situação depende do movimento inicial”

“Sim, caminhar e andar de bicicleta”

Quando questionados com relação ao funcionamento do pêndulo de Newton, alguns estudantes responderam:

“O movimento ocorre através da força humana”

“Uma mão empurra e o pêndulo vai dando movimento”

“Quando uma daquelas bolinhas é solta sobre as outras o movimento é transferido através das outras”

“Uma esfera bate na outra para aquela se movimentar”

“A conservação do movimento”

Obteve-se boas interações, mas como já foi destacado, mesmo as interações menos plausíveis não foram negadas ou corrigidas nesse momento, o objetivo era partir dessas concepções prévias para que gradualmente a compreensão do

Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento se consolidasse. Em seguida, foi realizada a leitura compartilhada dos textos “Em busca do princípio”, “Mas do que depende essa quantidade de movimento” e “Mas como medir essa grandeza” presentes na unidade didática¹¹ distribuída aos estudantes. À medida que os estudantes realizavam a leitura, os conceitos iam sendo explicados e as dúvidas iam sendo sanadas. Além disso, os estudantes não encontraram dificuldades para responder às questões presentes na unidade didática. A grande maioria dos estudantes já conseguia entender perfeitamente que a quantidade de movimento dependia da massa e da velocidade.

Na aula seguinte foi realizada a leitura compartilhada do texto “Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento” presente na unidade didática. No final do texto foi realizada uma explanação sobre sistema isolado e sistema real, então, foi discutido com os estudantes sobre a possibilidade de idealizar um sistema isolado. Posteriormente, na aula consecutiva, foram realizados alguns exercícios sobre colisões que envolviam a aplicação do princípio da conservação da quantidade de movimento. Na sequência, os estudantes foram organizados em grupos e, no laboratório de informática, com a mediação do professor, deveriam pesquisar algumas atividades experimentais que tratassem do princípio. No final, após definição das atividades experimentais que cada grupo iria apresentar, foi agendado um dia para que os estudantes apresentassem o experimento, oferecendo a eles um prazo de quinze dias para a apresentação.

Na data marcada foi verificado que muitos estudantes não tinham construído o experimento adequadamente, outros grupos não entendiam o experimento construído, e outros, ainda, não tinham conseguido encontrar os materiais para o experimento e preparar a explicação. Optou-se pela resistência e a decisão foi não encerrar o trabalho, baseado nos fundamentos da teoria de Vigotski. Aproveitou-se o momento para ajudar os grupos naquelas aulas a construir o experimento, procurar materiais no laboratório e sanar as dúvidas necessárias para apresentação. E, então, foi agendada uma nova data para apresentação.

Na nova data agendada para apresentação, todos os grupos conseguiram apresentar e explicar o experimento, algumas intervenções foram necessárias durante as falas, mas pode-se considerar o resultado como significativo, pois houve

¹¹ SANTOS, L.A; CASTRO, A.S. M., 2016

o envolvimento dos estudantes, a atenção durante as explicações do professor e dos colegas, a cooperação entre os grupos, o intercâmbio e a troca de significados. Enfim, evidenciou-se os elementos da Teoria de Vigotski, considerados fundamentais nesta dissertação.

Figura 16 - Foto dos experimentos pesquisados, construídos e apresentados pelos estudantes relacionados a conservação da quantidade de movimento. (a) canhão de borrachinha; (b) balão-foguete; (c) canhão de sal de frutas.



Fonte: autor

Em virtude da proximidade do encerramento do ano letivo 2015, estávamos com um número reduzido de estudantes, pois neste período tradicionalmente muitos

estudantes que já conseguiram a “média” ausentam-se do colégio. Optou-se em não realizar a atividade com a simulação computacional e o debate contidos na unidade didática 4. Para encerrar o trabalho, julgou-se conveniente aplicar o pós-teste para verificar a evolução da aprendizagem dos estudantes em relação à apropriação dos conteúdos da unidade.

O pós-teste foi realizado com 20 (vinte) estudantes da segunda série, no ano letivo de 2016, mas que corresponde ao mesmo grupo de estudantes que haviam participado da aplicação das unidades didáticas em 2015 na primeira série do Ensino Médio. Segue, na tabela 7, as questões e os respectivos resultados obtidos no pré-teste e pós-teste:

Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV.

(continua)

1. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão pesado em repouso ou uma bicicleta em movimento? Justifique.		
Respostas:	PRÉ-TESTE Bicicleta - 72% A maioria justificou em virtude de a bicicleta estar em movimento e o caminhão em repouso. Caminhão - 28% A maioria justificou alegando que a massa do caminhão é maior.	PÓS-TESTE Bicicleta - 85% A maioria justificou em virtude de a bicicleta estar em movimento e o caminhão em repouso. Caminhão - 18% A maioria justificou alegando que a massa do caminhão é maior.
2. Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h? Justifique.		

Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV.

(continuação)

Respostas:	PRÉ-TESTE Moto - 21,4% A maioria justificou em virtude de a massa da moto ser menor. Caminhão - 68% A maioria justificou em virtude de a massa do caminhão ser maior. Igual - 10,6% Dois estudantes justificaram que é igual pois têm a mesma velocidade.	PÓS-TESTE Moto - 20% A maioria justificou em virtude de a massa da moto ser menor. Caminhão - 80% A maioria justificou que embora tenha a mesma velocidade, a massa do caminhão ser maior. Igual - 0%
3. O que significa dizer que o <i>momentum</i> (ou qualquer grandeza) é conservado?		
Respostas:	Não responderam - 80% Não apresentaram justificativa Optaram em responder - 20% Maioria justificou que é quando uma grandeza mantém a mesma intensidade.	Não responderam - 30% Optaram em responder - 70% Principais respostas: <i>“É quando alguma coisa se conserva”</i> <i>“Significa que o sistema pode manter o movimento antes e após a interação”</i> <i>“Significa que o sistema pode manter o momentum antes e após a colisão”</i>

Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV.

(continuação)

		<i>“A quantidade de movimento sempre se conserva sendo transferida de um corpo para outro como no pêndulo de Newton”</i> <i>“Significa que a quantidade de movimento é a mesma antes e depois”</i> <i>“Quer dizer que a grandeza do movimento é a mesma no início e no final”</i> <i>“Quer dizer que é a mesma quantidade de movimento antes e depois da interação”</i> <i>“Que a quantidade de movimento é a mesma antes e depois da interação”.</i>
4. Qual é o momentum de um caixote de 50 kg que desliza sobre uma superfície de gelo a 4 m/s?		
Respostas:	PRÉ-TESTE Maioria não respondeu - 72% Não apresentaram justificativa Alguns responderam 200 (sem emprego de unidade) - 16% Multiplicaram 50 por 4 Alguns responderam 12,5 (sem emprego de unidade) - 12% Dividiram 50 por 4	PÓS-TESTE Não responderam - 10% Responderam corretamente - 90% Multiplicaram 50 por 4, usando a relação $Q = m.v$

Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV.

(continuação)

5. Num trecho plano, um automóvel de massa 950 kg foi freado, e sua velocidade passou de 10 m/s para zero. Determine: a) o valor da quantidade de movimento no início da freada. b) o valor da quantidade de movimento no final da freada. c) a variação da quantidade de movimento (ΔQ) nesse trecho.		
Respostas:	PRÉ-TESTE Optaram em não responder - 52% Não apresentaram justificativa Optaram em responder - 36% a) 10 m/s b) 0 c) Deixaram em branco Um estudante respondeu - 4% a) 9500 (sem unidade) b) 0 c) 950 kg Um estudante respondeu 4% a) 10 m/s b) 0 c) -10 m/s Um estudante respondeu 4% a) 10 m/s b) Zero c) 10 m/s à zero	PÓS-TESTE Optaram em não responder -15% Responderam corretamente - 65% a) 9500 kg.m/s b) 0 c) -9500 kg.m/s Optaram em responder os seguintes valores - 20%: a) 10 m/s b) 0 c) -10 m/s

Tabela 7 - Resultado do pós-teste da unidade IV.

(continuação)

6. Um homem de 70 kg e um menino de 35 kg, ambos usando patins, estão parados um diante do outro. Com um empurrão, o menino imprime no homem uma velocidade de 0,40 m/s e os dois se afastam. Qual é o valor da velocidade do menino depois do empurrão?		
Respostas:	PRÉ-TESTE Responderam 0,40 m/s - 56 % Não responderam - 32 % Responderam 0,20 m/s - 4% Responderam corretamente 0,80 m/s - 4% 87,5 (sem unidade) - 4%	PÓS-TESTE Responderam corretamente 0,80 m/s - 50% Não responderam - 35% Responderam 1,25 m/s - 10% Responderam 0,2 m/s - 5%

Fonte: O Autor.

De modo geral, percebe-se que houve evolução na compreensão dos conteúdos para a maioria dos estudantes. Dessa forma, ratifica-se as expectativas, pois esperava-se um resultado satisfatório, tendo em vista que era perceptível tal evolução durante a realização das atividades da unidade 4. Outro aspecto positivo foi que, além de interpretar corretamente as questões conceituais, a maioria dos estudantes também conseguiram desenvolver corretamente as questões que exigiam cálculo.

Na questão 1, houve melhora no índice que representa a quantidade de estudantes que conseguiram responder corretamente que a bicicleta tinha maior quantidade de movimento, tendo em vista que o caminhão estava em repouso.

Na questão 2, também percebemos uma melhora no índice e, conseqüentemente, percebe-se que os estudantes definitivamente associam massa e velocidade como fatores que resultam na quantidade de movimento. Outro aspecto positivo é que nenhum estudante no pós-teste respondeu que tinham a mesma quantidade de movimento.

Na questão 3, a maioria dos estudantes optou em respondê-la e, dentre as respostas dadas, percebe-se que grande parte das respostas são coerentes e demonstram que os estudantes realmente compreendem o princípio. Exemplificam

que é quando a quantidade de movimento se mantém a mesma antes e após uma colisão.

Na questão 4, a maior parte dos estudantes optaram em responder, e corretamente, pois usaram a relação $Q = m.v$ para chegar ao resultado. Alguns estudantes desenvolveram corretamente a questão, mas esqueceram de empregar a unidade, ou equivocaram-se na atribuição.

Na questão 5, percebe-se definitivamente que maioria dos estudantes já utiliza corretamente o modelo $Q = m.v$ para responder aos itens a, b e c. Uma minoria ainda relaciona a quantidade de movimento apenas à velocidade e poucos estudantes optaram em não responder a questão.

Na questão 6, a maior parte dos estudantes conseguiram chegar ao resultado esperado, empregando satisfatoriamente as relações matemáticas e outros dois estudantes deduziram o resultado, (isso só foi possível pois o pesquisador questionou os estudantes no momento da entrega do pós-teste) usando o raciocínio lógico que, se a massa do menino é a metade do homem, após a colisão a velocidade deveria ser o dobro da velocidade do homem, para que a quantidade de movimento do menino fosse a mesma do homem após o empurrão. Uma parcela dos estudantes não respondeu. Alguns responderam 1,25 m/s, porque erraram na parte final do cálculo, pois tinham que dividir 28/35 para chegar ao 0,8 m/s, mas por 35 ser um valor maior que 28, inverteram a operação, fizeram 35/28 que dá o resultado errado. E um estudante respondeu 0,2 m/s, acreditando que a velocidade do menino seria a metade e não o dobro após o empurrão.

Como já foi ressaltado anteriormente nos resultados do pós-teste das outras unidades, o pós-teste não foi instrumento “*crucis*” para avaliar a viabilidade da proposta. Considerou-se todas as formas de interação, verbal e escrita, apresentadas pelos estudantes durante a implementação da proposta.

Além disso, o conjunto desses resultados coletados durante e após a implementação foram importantes para planejar e promover ajustes nas unidades didáticas. Essas unidades didáticas reformuladas posteriormente foram avaliadas por um grupo de professores de física do GTC. Em tópico específico, será discutido os pareceres elaborados pelo grupo.

4.2. NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS ESTUDANTES

Ao final do trabalho didático com a primeira unidade didática foi elaborado e distribuído aos estudantes participantes da pesquisa um questionário próprio, a fim de verificar a opinião dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas.

A tabela 8 apresenta as perguntas que foram feitas aos estudantes, o percentual de respostas e as considerações com relação ao resultado:

Tabela 8 - Nível de satisfação dos estudantes.

(continua)

1) Você considera que as atividades realizadas em grupo favoreceram a compreensão do assunto?	
SIM – 100% NÃO – 0%	Considerações: Percebe-se que a integralidade dos estudantes reconhece que as atividades desenvolvidas em grupo.
2) A participação do professor como um mediador que orienta a sequência das atividades e a elaboração de hipótese foi:	
<i>Necessária, caso contrário não conseguiríamos desenvolver as atividades – 100%</i> <i>Desnecessária, pois apenas com os roteiros conseguiríamos desenvolver as atividades – 0%</i>	Considerações: Reconhecem que o papel do professor como mediador foi fundamental para a sequência das atividades e para a aprendizagem.
3) Anteriormente às atividades realizadas, os professores já trabalharam com vocês tecnologias do tipo software ou simulador:	
SIM – 0% NÃO – 100%	Considerações: Talvez naquele momento não lembraram de todas as atividades realizadas pelos professores – mas pela resposta foi o primeiro contato dos estudantes com simuladores educacionais.

Tabela 8 - Nível de satisfação dos estudantes.

(continuação)

4) Quantas horas, em média, você utiliza o computador (Iphone, Ipad, tablete, smartphone etc.) em ambientes fora da escola para fins de estudo?	
Não utiliza – 32,25% 7 a 9 horas – 3,33% 1 a 3 horas - 12,90% 4 a 6 horas – 25,80% Mais de 10 horas – 25,80%	Considerações: Verifica-se que a maioria dos estudantes utilizam o computador (ou outros meios) em ambientes fora de escola. Em conversa com muitos estudantes, eles relataram que utilizam o smartphone para acesso à internet, mas ao questioná-los se usam para fins de estudo, eles admitem que não, usam mais para acesso às redes sociais para fins de entretenimento. Entretanto, é preciso considerar que uma parcela expressiva dos estudantes – quase um terço – não utiliza, influenciado certamente pelo baixo poder aquisitivo das famílias. Tal informação foi útil para delimitarmos as tarefas nas unidades seguintes. Por isso, todas as atividades elaboradas no produto educacional que exigiam acesso à internet, foram realizadas somente em sala de aula.
5) Sobre a aula computacional, você considera que a compreensão dos fenômenos físicos foi:	
Insuficiente – 0% Regular – 3,22% Boa - 45% Excelente – 51,61%	Justificativa apresentadas pelos estudantes: - <i>“Porque ele estava explicando bem e é uma forma de motivar fazer os cálculos”</i> - <i>“Porque a gente aprende muito mais”</i> - <i>“Eu achei boa porque eu aprendi um pouco”</i> - <i>“Porque estimula os alunos a prestarem mais atenção e se focar mais no estudo”</i> - <i>“Porque nós aprimoramos o conhecimento colocando em prática o que aprendemos nas aulas”</i> - <i>“Porque ajudou a compreender melhor a física”</i>

Tabela 8 - Nível de satisfação dos estudantes.

(continuação)

	- <i>“Pois conseguimos entender passo a passo e tudo nos mínimos detalhes”</i> - <i>“Porque ajuda no desenvolvimento da pessoa”</i> - <i>“Porque ajuda nós a ver como que o movimento podem se tornar naquelas contas”</i> - <i>“Porque ajudou bastante”</i> - <i>“Porque eu achei interessante porque a gente aprende coisas novas”</i> - <i>“Eu compreendi melhor com o exemplo dado pelo site”</i> - <i>“Porque eu tive que ponha a cabeça no problema”</i> - <i>“Porque foi melhor de entender o conteúdo”</i> - <i>“Porque foi algo diferente e legal”</i> - <i>“Porque houve muito entendimento”</i> - <i>“Porque teve mais explicações e mais fácil de entender”</i> Considerações: Verifica-se que maioria dos estudantes (quase 97%) classificou a compreensão dos fenômenos físicos como excelente ou boa. A avaliação positiva é corroborada pelos comentários realizados por eles.
6) Sobre a aula experimental, você considera que a compreensão dos fenômenos físicos foi:	
Insuficiente – 0% Regular – 9,67% Boa - 51,61% Excelente – 38,7%	Justificativas apresentadas pelos estudantes: - <i>“Porque consegui aprender mais facilmente”</i> - <i>“Poderia ser lá fora”</i> - <i>“Todos estavam presentes em sala e trabalharam juntos”</i> - <i>“Porque deu para entender melhor também sobre a aula”.</i>

Tabela 8 - Nível de satisfação dos estudantes.

(conclusão)

	- <i>“Porque é legal e muito interessante”</i> - <i>“Porque a gente pode ver que usamos a Física no dia a dia e que podemos calcular e foi muito bom”</i> - <i>“Não tivemos muito tempo e lugar apropriado”</i> - <i>“Porque tinha que ter mais atividades para desenvolver”</i> - <i>“Porque eu compreendi muito pouco sobre esse assunto na sala e agora entendi mais”</i> - <i>“Porque foi uma forma que todos interagimos e ficou mais fácil”.</i>
	Considerações: Novamente os resultados indicam e os comentários corroboram como satisfatória a prática experimental realizada.
7) Você considera que a integração das atividades experimentais e computacionais facilitaram a compreensão dos modelos científicos:	
SIM – 100% NÃO – 0%	Considerações: Todos os estudantes aprovam a integração de atividades experimentais e computacionais.
8) A compreensão dos aspectos relacionados à formalização do conhecimento científico e à linguagem matemática foi favorecida com o desenvolvimento das atividades integradas:	
SIM – 96,77 % NÃO – 3,33 %	Considerações: A maioria dos estudantes reconhecem que a proposta favoreceu a compreensão de aspectos mais formais ligados ao entendimento da linguagem matemática.

Fonte: O Autor.

Diante dos resultados, não restava dúvidas de que os estudantes haviam aprovado a iniciativa. Esse indicativo foi importante para corroboração de ideias e para elaboração das unidades seguintes.

A ficha utilizada pelos estudantes para avaliar o nível de satisfação encontra-se disponibilizada no apêndice A desta dissertação.

4.3. AVALIAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO COLABORATIVO EM RELAÇÃO À PROPOSTA

Como já mencionado no capítulo anterior, o Grupo de Trabalho Colaborativo (GTC) foi a denominação atribuída aos professores de Física da região centro-oeste do Paraná que contribuíram com a proposta. O objetivo principal foi viabilizar um espaço para a discussão do diagnóstico da realidade escolar, do projeto de pesquisa e do produto educacional.

As contribuições vindas permitiram nortear o desenvolvimento do projeto de pesquisa e a elaboração do produto educacional, de modo a redimensionar o quadro teórico-metodológico adotado, de maneira que a proposta encontrasse sustentação na prática pedagógica.

Na fase de avaliação do produto educacional, foram 4 (quatro) professores integrantes do grupo de trabalho colaborativo que aceitaram o convite de avaliar e de elaborar um parecer sobre o produto educacional destinado aos estudantes e sobre o manual do professor (ANEXOS A, B, C e D).

A tabela 9 apresenta o nome dos participantes em seus respectivos locais de trabalho e municípios de atuação:

Tabela 9 - Professores do grupo de trabalho colaborativo que realizaram avaliação e parecer do produto educacional.

(continua)

Professores participantes	Colégio/Instituição participante	Município de atuação
Everton Kielt	Colégio Estadual Floriano Peixoto	Laranjeiras do Sul - PR
Glauber Luciano Kitor	Colégio Estadual Olavo Bilac	Cantagalo - PR
Marli Turmina Marqueviski	Técnica Pedagógica do Núcleo Regional de Educação de Laranjeiras do Sul	Atua em dez municípios da região centro oeste do Paraná, sendo eles: Cantagalo, Virmond, Laranjeiras do Sul,

Tabela 9 - Professores do grupo de trabalho colaborativo que realizaram avaliação e parecer do produto educacional.

		(conclusão) Rio Bonito do Iguaçu, Porto Barreiro, Nova Laranjeiras, Diamante do Sul, Marquinho, Espigão Alto do Iguaçu e Quedas do Iguaçu.
Ritamar Andreetta	Colégio Estadual Iraci Salete Strozak	Rio Bonito do Iguaçu - PR

Fonte: O Autor.

Todos as avaliações e os respectivos pareceres foram fundamentais para a reestruturação do produto educacional. Os professores avaliadores validaram a proposta elogiando as potencialidades dos materiais, das unidades didáticas e do manual do professor.

Em alguns casos, os participantes até fizeram sugestões para complementar o produto. As íntegras das avaliações realizadas e os seus respectivos pareceres estão contidos nos anexos A, B, C e D desta dissertação.

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, analisando o trabalho como um todo, considera-se satisfatório e significativos os resultados decorrentes das estratégias desenvolvidas e narradas neste trabalho, demonstrados nas avaliações realizadas pelos docentes e estudantes.

Neste trabalho, as unidades didáticas voltadas aos estudantes abordavam os conteúdos integrando atividades experimentais, computacionais e teóricas, visando uma melhor compreensão dos modelos científicos.

Os resultados coletados pelos diversos instrumentos de avaliação adotados indicam a satisfação dos estudantes e a evolução da aprendizagem. Evidencia-se, portanto, que o nível de desenvolvimento potencial dos estudantes tornou-se nível real (VIGOTSKI, 1991).

Demonstra-se, ainda, que a meta principal do trabalho foi atingida e os estudantes apresentam uma compreensão melhor dos modelos científicos como uma representação aproximada da realidade.

Observou-se, também, que durante as aulas houve um maior entusiasmo, motivação e envolvimento dos estudantes no desenvolvimento das atividades em comparação com aulas convencionais de outras turmas que não participaram da aplicação das atividades.

A Teoria de aprendizagem de Vigotski demonstrou-se adequada para o tratamento dos assuntos abordados, pois privilegiou-se a interação entre os estudantes e dos estudantes com o professor, na discussão dos textos, nas atividades de debate e pesquisa, nas atividades experimentais e computacionais.

Desenvolver uma proposta de trabalho com a Teoria de aprendizagem de Vigotsky como referencial teórico, exige um acompanhamento contínuo por parte do professor, pois ele é “agente do processo mais capaz a ser imitado”. Cabe a ele mediar o diálogo, orientar, destacar “o que dever ser observado e sobretudo, explicar, ou seja, apresentar aos alunos o modelo teórico que possibilita a compreensão do que é observado, estabelecido cultural e cientificamente” (GASPAR, A; MONTEIRO, I.C.C., 2005).

E, por fim, ressalta-se o perfil colaborativo desta proposta. Extremamente significativo foi o apoio incondicional dos professores que participaram do grupo de trabalho colaborativo na fase diagnóstica e na fase de avaliação dos materiais produzidos.

Na fase de avaliação dos materiais, os integrantes referendaram o trabalho como produto educacional viável para aplicação no Ensino Médio e destacam a importância da proposta para melhoria do Ensino de Física.

As contribuições vindas dos professores do grupo aliado à constante leitura e fundamentação teórica e o intercâmbio de ideias nas conversas com o orientador foram fundamentais para o aperfeiçoamento do produto educacional que se encontra nos apêndices I e J desta dissertação de mestrado.

Essa iniciativa de trabalho colaborativo viabilizou espaço para discussão do diagnóstico da realidade escolar, do ensino de física, do projeto de pesquisa e do produto educacional. As contribuições permitiram redimensionar o quadro teórico-metodológico adotado, de maneira que a proposta encontrasse sustentação na prática pedagógica do coletivo educacional.

A ideia é que a proposta de trabalhar os modelos científicos com suas respectivas idealizações, possa ser utilizada em outros trabalhos, que possam

abordar outros aspectos ou conteúdos de Física, no contexto do movimento, da termodinâmica, do eletromagnetismo etc.

A perspectiva de trabalho, a partir de então, é divulgar os produtos educacionais elaborados aos demais professores da Rede Pública Estadual de Ensino, por meio de oficinas e relatos de experiência. Pelo fato desse trabalho ter viés colaborativo, a expectativa é que tal iniciativa possa fomentar novos produtos educacionais, em outros ambientes de trabalho, de modo que tenhamos a efetivação de um grupo maior e permanente de trabalho colaborativo.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Dilza da Silva. Unidades didáticas: A cinemática do Atletismo. A Física do Paraquedismo. **Produto Educacional derivado de dissertação de mestrado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

ARANTES, A. Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, v. 19, p. 1-10, 2011.

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: **Tópicos em Ensino de Ciências**. Moreira, M.A; AXT, R. Porto Alegre: Sagra, 1991, p.79-90.

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 10-14, 2008.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Brasília, MEC, 1999.

BRASIL/MEC. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação** – LDB 9.394/96.

COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – Ensino Fundamental e Médio. **Projeto Político Pedagógico**. Disponível no endereço: <http://www.ljsjosemarcondes.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=15> – Acesso em 24 de setembro de 2015. Laranjeiras do Sul: Colégio, 2010.

COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – Ensino Fundamental e Médio. **Regimento Escolar**. Disponível no endereço: <http://www.ljsjosemarcondes.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=16> – Acesso em 24 de setembro de 2015. Laranjeiras do Sul: Colégio, 2010.

CUSTÓDIO FILHO, José Francisco; OLIVEIRA, M. P. Princípios físicos e a construção de modelos. **ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, VII, 2000.

DAMIS, O. T. Unidade didática: uma técnica para a organização do ensino e da aprendizagem. In: VEIGA, I. P. A. **Técnicas de Ensino**: novos tempos, novas configurações. Campinas: Papirus, 2006. p.105-135.

DEMO, Pedro. Pesquisa: **Princípio Científico e Educativo**. 12 ed. São Paulo: Cortez, 2006

_____, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 6. ed. Campinas: Autores Associados, 2003.

DUARTE, Sergio Eduardo. **Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 525-542, 2012.

FERREIRA, Ricardo Bruno. **Galileu e a sua importância epistemológica**. Millenium, p. 162-167, 2004.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física: ensino médio**/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

_____, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

_____, Alberto. O "R" de retilíneo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 1, p. 7-10, 1994.

GEF-UFSM - GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – Cadernos para Download – **Cinemática e Dinâmica**. Santa Maria, 2010. Disponível em: <http://www.ufsm.br/gef/index.html>. Acesso em 22 de março de 2016.

JUNIOR, Mauro Antonio Moreno. Blog Educação Para a Diversidade [internet]. **É o professor que ensina ou aluno que aprende**. Bauru, 30 de março de 2010. Disponível em: <http://educacaoparaadiversidade.blogspot.com.br>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

KNELLER, G.A. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP, 1980.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física**. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.2, Junho de 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem** – São Paulo, edu; 1999.

_____, Marco Antonio. **O mestrado profissional e sua importância na Educação Básica**. Palestra de abertura da reunião de coordenadores dos polos 2016 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizada na sede da Sociedade Brasileira de Física no dia 8 de março de 2016.

_____, Marco Antonio. **O Ensino de Ciências no Século XXI**. Conferência proferida no XII Simpósio sobre “Investigación em Enseñanza de la Física, Asociación de Profesores de Física de Argentina, Tandil, Argentina, 20 a 24 de outubro de 2014;

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica. Vol. 1 - São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2002

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009.

_____. **Caderno de Expectativas de aprendizagem (Departamento de Educação Básica) – Física**. Curitiba: SEED, 2012.

PHYSICS EDUCATIONAL TECHNOLOGY – PhET. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>>. Acesso em: 01 de setembro de 2015

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

_____, M. & Zylbersztajn, A. **The use of the Principle of relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students**. Science and Education, vol. 21, n° 3, 261-276, 1999.

REGO, Teresa Cristina. **Vigotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

ROSA, C.W. da; ROSA, Á. B. da. **A Teoria Histórico-Cultural e o Ensino de Física**. In: Revista Iberoamericana de Educación. N.33-6, 1-8, 2004. ISBN 1681-5653

SOUZA, S.I; KRAMER, S. **O debate Piaget/Vygotsky e as Políticas Educacionais**. In: Caderno de Pesquisa. N.77, p. 69-80, maio, 1991.

VÁSQUEZ, Rafael Sales Brito Fernández. **Um estudo do Laboratório Virtual no Ensino de Física e o uso do PhET como instrumento de ensino**. 2014.

VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Modelagem computacional no Ensino de Física. **Revista do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas. CEDU–n**, 2005.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo, Martins Fontes, 1991.

_____, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo. Editora Martins Fontes, 2001.

WIEMAN, C. **Transformación is possible if a university really cares.** Science, vol. 340, p. 292-296, 2013.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de verificação do nível de satisfação dos estudantes com a proposta



COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO
Prof. Leandro Antonio dos Santos

Estudante: _____

Nº _____ **Turma:** _____ **Data:** ____ / ____ / ____

AVALIAÇÃO: NÍVEL DE SATISFAÇÃO

1. Você considera que as atividades realizadas em grupo favoreceram a compreensão do assunto?
☐ Sim ☐ Não
Justifique: _____
2. A participação do professor como um mediador que orienta a sequência das atividades e a elaboração das hipóteses foi:
☐ Necessária, caso contrário não conseguiríamos desenvolver as atividades;
☐ Desnecessária, pois apenas com os roteiros conseguiríamos desenvolver as atividades;
3. Anteriormente às atividades realizadas, os professores já trabalharam ou trabalham com vocês tecnologias do tipo, software ou simulador?
☐ Sim ☐ Não
4. Quantas horas, em média, você utiliza o computador (Iphone, Ipad, tablet etc.) em ambientes fora da escola para fins de estudo?
☐ Não utilizo; ☐ de 7 a 9 horas; ☐ de 1 a 3 horas; ☐ de 4 a 6 horas; ☐ mais de 10 horas;
5. Sobre a aula computacional, você considera que a compreensão dos fenômenos físicos foi:
☐ Insuficiente ☐ Regular ☐ Boa ☐ Excelente
Por quê? _____
6. Sobre a aula experimental, você considera que a compreensão dos fenômenos físicos foi:
☐ Insuficiente ☐ Regular ☐ Boa ☐ Excelente
Por quê? _____
7. Você considera que a integração das atividades experimentais e computacionais facilitaram a compreensão dos modelos científicos:
☐ Sim ☐ Não

8. A compreensão dos aspectos relacionados à formalização do conhecimento científico e a linguagem matemática foi favorecida com o desenvolvimento das atividades integradas:

() Sim () Não

APÊNDICE B – Pré e Pós-teste da Unidade 1

UNIDADE 1 – VELOCIDADE

- Não foram aplicados pré e pós-testes em virtude de considerarmos esta unidade como “unidade piloto”, então, não tínhamos definido ainda como seria realizado a avaliação somativa dos alunos.

APÊNDICE C – Pré e pós-teste da unidade 2

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG
ensino de física



COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO
Prof. Leandro Antonio dos Santos

Estudante: _____

Nº _____ **Turma:** _____ **Data:** ____ / ____ / ____

UNIDADE 2 – ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO

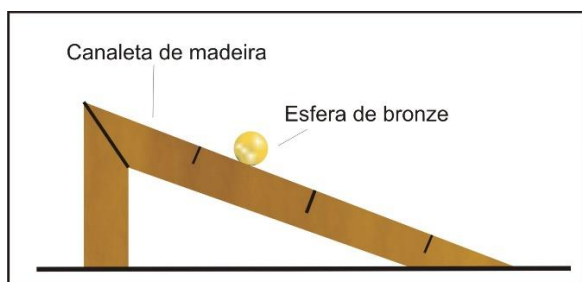
1. Queda livre é o movimento pelo qual:
 - a. A resistência do ar é considerada.
 - b. A resistência do ar é desprezível.

2. Uma das interpretações sobre a queda livre dos objetos ressaltava que “corpos pesados caíam mais depressa” quando soltos da mesma altura. Essa interpretação é atribuída a:
 - a. Aristóteles;
 - b. Galileu Galilei;
 - c. Isaac Newton;
 - d. Albert Einstein;

3. Um objeto caindo em queda livre apresenta:
 - a. Aceleração constante.
 - b. Velocidade constante.

4. Com que taxa a velocidade de um objeto em queda livre varia aproximadamente:
 - a. 9,8 m/s a cada segundo.
 - b. 9,8 m/s a cada hora.
 - c. 9,8 m/s a cada minuto.
 - d. 9,8 km/h a cada segundo.

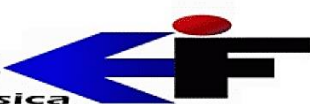
5. Uma pedra é abandonada do alto de um prédio e atinge o chão 3,0 segundos depois, realizando um movimento uniformemente variado. Considere sua concepção de queda livre (questão 1) e o valor da variação da velocidade de um objeto em queda livre (questão 4) e determine a altura desse prédio. O valor encontrado foi:
- a. 10 m
 - b. 30 m
 - c. 45 m
 - d. 60 m
6. Em relação ao exercício anterior, qual será a velocidade da pedra ao chegar no chão:
- a. Zero.
 - b. 10 m/s.
 - c. 30 m/s.
 - d. 45 m/s.
7. Uma esfera de bronze rola numa rampa inclinada por canaleta perfeitamente lisa e reta (figura a seguir). Durante o movimento no plano inclinado, pode-se afirmar que a aceleração da esfera:



- a. É nula.
- b. É constante e positiva.
- c. É constante e negativa.
- d. É variável.

APÊNDICE D – Pré e pós-teste da Unidade 3

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG 
ensino de física

UEPE

SOCIETY BRASILEIRA DE FÍSICA

COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO
Prof. Leandro Antonio dos Santos

Estudante: _____

Nº _____ **Turma:** _____ **Data:** ____ / ____ / ____

UNIDADE 3 – ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO SIMPLES

01. A Terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a gravidade não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da sua superfície. Em uma região próxima à linha do Equador, a aceleração da gravidade será:
 - a. Maior em relação aos polos.
 - b. Menor em relação aos polos.
 - c. Igual em relação aos polos.
 - d. Zero.

02. O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000 m, a aceleração da gravidade no topo do monte será:
 - a. Menor em relação ao nível do mar.
 - b. Maior em relação ao nível do mar.
 - c. Igual em relação ao nível do mar.
 - d. Zero.

03. Na superfície de um planeta de massa M , um pêndulo simples de comprimento L , tem período T duas vezes maior que o período na superfície da Terra. A aceleração, devido à gravidade neste planeta é:
 - a. 20 m/s^2
 - b. $5,0 \text{ m/s}^2$
 - c. $2,5 \text{ m/s}^2$
 - d. $15,0 \text{ m/s}^2$

04. Na Terra, certo pêndulo simples executa oscilações com período (T). O período desse pêndulo se posto a oscilar na Lua, onde a aceleração da gravidade é 6 vezes menor:
- Aumentaria em relação à Terra.
 - Diminuiria em relação à Terra.
 - Permaneceria o mesmo período de oscilação.
 - Tenderia ao infinito.
05. O que aconteceria com o período de um pêndulo à medida que fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais:
- Aumentaria em relação à Terra.
 - Diminuiria em relação à Terra.
 - Permaneceria constante.
 - Tenderia ao infinito.
06. Um pêndulo simples, de comprimento L, tem um período de oscilação T, num determinado local. Para que o período de oscilação passe a valer 2T, no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado para:
- 2 L
 - 4 L
 - 6 L
 - 7 L
07. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, o período de um pêndulo simples, que tem comprimento de 1,6 m, será, aproximadamente:
- 2,5 s
 - 5,0 s
 - 1,6 s
 - 1,0 s
08. Suponhamos que, no Planeta “X”, um pêndulo simples de comprimento 2 m possui período de oscilação 4,0 s. A aceleração da gravidade neste planeta desconhecido será, aproximadamente:
- 2,5 m/s^2
 - 5,0 m/s^2

c. $7,5 \text{ m/s}^2$

d. 10 m/s^2

APÊNDICE E – Pré e pós-teste da unidade 4

MNPEF Mostrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG ensino de física



COLÉGIO ESTADUAL JOSÉ MARCONDES SOBRINHO – ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO -
Prof. Leandro Antonio dos Santos

Estudante: _____

Nº _____ **Turma:** _____ **Data:** ____ / ____ / ____

UNIDADE 4 – PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

1. Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h? Justifique.
2. O que significa dizer que o *momentum* (ou qualquer grandeza) é conservado?
3. Qual é o momentum de um caixote de 50 kg que desliza sobre uma superfície de gelo a 4 m/s?
4. Num trecho plano, um automóvel de massa 950 kg foi freado, e sua velocidade passou de **10 m/s** para **zero**. Determine:
 - a) o valor da quantidade de movimento no início da frenada.
 - b) o valor da quantidade de movimento no final da frenada.
 - c) a variação da quantidade de movimento (ΔQ) nesse trecho.
5. Um homem de 70 kg e um menino de 35 kg, ambos usando patins, estão parados um diante do outro. Com um empurrão, o menino imprime no homem uma velocidade de 0,40 m/s e os dois se afastam. Qual é o valor da velocidade do menino depois do empurrão?

**APÊNDICE F – Formulário eletrônico diagnóstico
disponibilizado aos professores do Grupo de Trabalho
Colaborativo**

Formulário de Pesquisa

Caro colega!

Este formulário de pesquisa visa construir um panorama sobre as atividades experimentais e computacionais como estratégia para a compreensão dos modelos científicos. Sua reconhecida experiência de trabalho no Ensino de Física em Escola Pública nos motivou a propor este instrumento de pesquisa. As opiniões aqui expressas subsidiarão a elaboração de um produto educacional que será destinado a Professores e Estudantes do Primeiro Ano do Ensino Médio. Fique à vontade para expressar seu comentário em todas as questões que julgar necessárias.

***Obrigatório**

1) Você realiza atividades experimentais nas aulas de Física? *

- ☐ Sim
☐ Não

Caso julgue necessário, comente sua resposta:

2) Você utiliza simulações computacionais ou softwares educacionais nas suas aulas de Física? *

- ☐ Sim
☐ Não

Caso julgue necessário, comente sua resposta:

3) Caso utilize simuladores ou softwares computacionais, quais das opções abaixo são utilizadas com frequência? *

(Permite selecionar mais de uma opção)

- ☐ Não utilizo.
- ☐ Simuladores Phet (Simulações Java - Desenvolvido pela Universidade Colorado - EUA);
- ☐ LabVirt (Laboratório Didático Virtual - Desenvolvido pela USP);
- ☐ NOE (Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem – Desenvolvido pela UFPB);
- ☐ BIOE (Banco Internacional de Objetos Educacionais – Organizado pelo MEC);
- ☐ Softwares Educacionais (Modellus, LUM, MEK, etc.);
- ☐ Outro:

4) Você integra atividades experimentais e simulações computacionais na abordagem dos conteúdos de Física? *

- ☐ Sim, frequentemente.
- ☐ Sim, às vezes;
- ☐ Não. Uso apenas atividades experimentais;
- ☐ Não. Uso apenas simulações computacionais;
- ☐ Não utilizo atividades experimentais e computacionais;

5) Sobre os conteúdos tradicionalmente trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio, em quais os estudantes apresentam maior dificuldade? *

(Permite selecionar mais de uma opção)

- ☐ Estudo descritivo do movimento (Cinemática);
- ☐ Estudo das forças;
- ☐ Leis de Newton;
- ☐ Princípio da Conservação da Energia Mecânica e Trabalho;
- ☐ Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento;
- ☐ Gravitação;
- ☐ Hidrostática;

Caso julgue necessário, comente sua resposta:

6) Ao abordar os modelos científicos, especialmente os modelos matemáticos, qual dificuldade é mais evidente? *

- ☐ Dificuldade em compreender conceitualmente o modelo científico e interpretar resultados.
- ☐ Dificuldade em efetuar os cálculos.

Caso julgue necessário, comente sua resposta:

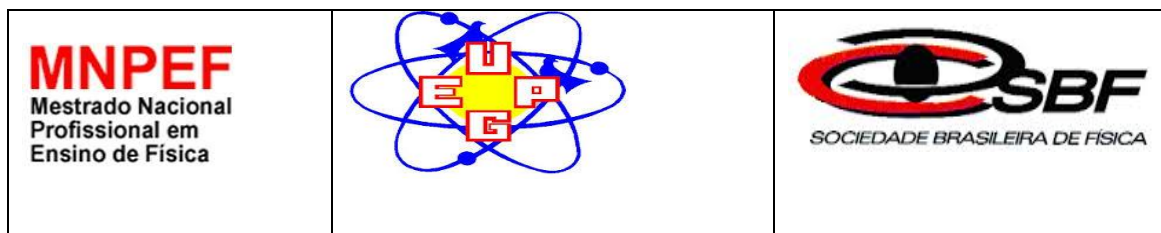
7) Evidentemente nem todos os conceitos de Física são possíveis de serem abordados no Ensino Médio, em virtude do número reduzido de aulas, opção curricular, dificuldades estruturais, etc. Dos conceitos relacionados abaixo, quais não são discutidos no Ensino Médio: *

(Permite selecionar mais de uma opção)

- ☐ Velocidade Vetorial Média;
- ☐ Fatores que influenciam o valor do campo gravitacional local;
- ☐ Movimento do Pêndulo;
- ☐ Plano Inclinado;
- ☐ Queda Livre;
- ☐ Atrito em meios fluidos;
- ☐ Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento;

Caso julgue necessário, comente sua resposta:

APÊNDICE G – Fichas de avaliação do Produto Educacional



FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Sobre o produto educacional destinado aos estudantes:

1. Apresenta conexão com o cotidiano dos estudantes?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
 - ☐ Parcialmente

2. Privilegia a interação entre os estudantes, dos estudantes com o professor e dos estudantes com os recursos experimentais e computacionais?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
 - ☐ Parcialmente

3. As unidades didáticas integram atividades experimentais e computacionais?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
 - ☐ Parcialmente

4. As atividades experimentais e computacionais são integradas às atividades teóricas?
 - ☐ Sim
 - ☐ Não
 - ☐ Parcialmente

5. O produto educacional motiva o diálogo em sala de aula e favorece a discussão conceitual dos conteúdos?
 - ☐ Sim

- () Não
() Parcialmente

6. O material favorece a discussão dos limites e das idealizações contidas nos modelos científicos?

- () Sim
() Não
() Parcialmente

Parecer descritivo sobre o produto educacional destinado aos estudantes nas atividades didáticas (comentários, sugestões, críticas etc.):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

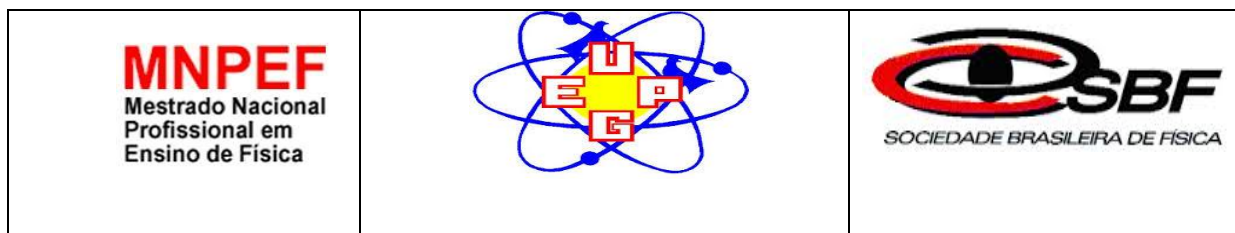
.....

.....

.....

Laranjeiras do Sul, _____ / ____ / _____

Assinatura do Professor colaborador



Sobre o produto educacional destinado aos professores

(MANUAL DO PROFESSOR):

1. Apresenta os subsídios teórico-metodológicos que auxiliam a prática do professor?
 - () Sim
 - () Não
 - () Parcialmente

2. Apresenta subsídios teórico-metodológicos suficientes para o professor aplicar o material didático aos estudantes?
 - () Sim
 - () Não
 - () Parcialmente

Parecer descritivo sobre o manual do professor (comentários, sugestões, críticas etc.)

.....

.....

.....

.....

.....

Laranjeiras do Sul, ____ / ____ / _____

Assinatura do Professor colaborador

APÊNDICE H – Termo de consentimento informado e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO E ESCLARECIDO

Eu, _____, estudante do Ensino Médio na disciplina de Física, matriculado no Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho, município de Laranjeiras do Sul, estado do Paraná, declaro, por meio deste termo, que me voluntario a participar da coleta de dados da pesquisa científica sobre “Atividades Experimentais e Computacionais para a Compreensão dos Modelos Científicos” na disciplina de Física.

A pesquisa vem sendo realizada pelo professor Leandro Antonio dos Santos, mestrando do Programa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, sob a orientação do Professor Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro.

Declaro que fui informado que objetivo geral da pesquisa é:

- Saber se os estudantes do primeiro ano do Ensino Médio entendem melhor os modelos científicos por meio de uma sequência didática com atividades experimentais e computacionais.

Declaro que fui igualmente informado de que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (elaboração da dissertação, artigos, trabalhos de conclusão, palestras e seminários), sem trazer minha identificação. Autorizo, somente para uso acadêmico e para esta pesquisa, as fotos, as respostas dadas nas sequencias didáticas e filmagens obtidas durante minha participação na disciplina.

Laranjeiras do Sul, ____, ____, de _____

Assinatura do pai, mãe e/ou responsável legal pelo estudante menor de 18 anos

Assinatura do Professor: Leandro Antonio dos Santos

Assinatura do Orientador: Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro

APÊNDICE I – Produto educacional destinado aos estudantes

UNIDADES DIDÁTICAS

Leandro Antonio dos Santos
Antonio Sergio Magalhães de Castro

Produto educacional: Unidades didáticas para o estudo do movimento: uma compreensão dos modelos científicos baseada na Teoria de Vigotski. Material associado à dissertação de Mestrado de Leandro Antonio dos Santos, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa
Agosto de 2016

UNIDADES DIDÁTICAS

Produto Educacional – Parte I

Público-alvo: Estudantes

Elaborado por:
Leandro Antonio dos Santos

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro

Conteúdo Estruturante:
Movimento

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)
Polo 35 – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	124
AFINAL, O QUE É MOVIMENTO?	125
APRESENTAÇÃO DAS UNIDADES.....	125
UNIDADE 1 - VELOCIDADE	127
UNIDADE 2 – ESTUDO DA QUEDA LIVRE E DO PLANO INCLINADO	139
UNIDADE 3 – ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE E O ESTUDO DO PÊNDULO...	152
UNIDADE 4 – PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO	163

APRESENTAÇÃO

Caro estudante!

Conhecer os mecanismos de como entender melhor o mundo, explicar o que era inexplicável, explorar os limites da compreensão, fazer isso trabalhar a nosso favor!

Dúvidas, ideias, teorias, experimentos, tentativas, erros, soluções, progresso, destruição, tecnologia. Desdobramentos que compõem o universo da Física, ciência que investiga os fenômenos da natureza.

Ao longo das suas aulas de Física, você aprenderá que a natureza pode ser descrita por equações matemáticas que surgem a partir de algumas considerações que fazemos de algum fenômeno, que resulta no que chamamos de modelo científico.

Mas, atenção, um modelo não é um retrato fiel da natureza, mas sim, o que achamos que ela é! Falar de modelos é tratar de idealizações, frutos da mente humana, que têm validade e que são aceitas pela comunidade científica, mas que possui certos limites que precisam ser compreendidos.

Sob esta perspectiva é que foi pensado e elaborado este produto educacional, tratando de alguns assuntos importantes para a construção do seu conhecimento e que certamente serão abordados em suas aulas de Física.

Seja bem-vindo(a) e convidado(a) a ir mais longe nessa aventura pelo conhecimento.

Leandro Antonio dos Santos
Antonio Sergio Magalhães de Castro

AFINAL, O QUE É MOVIMENTO?

Neste material didático vamos estudar um fenômeno presente em nosso cotidiano: o movimento.

Nós nos movemos o tempo todo para realizar muitas atividades: andar, correr, falar, escrever etc. Mas, e quando estamos dormindo, existe movimento?

Figura 1 - Pessoa dormindo.



Ilustração disponível em <http://trossel.no.comunidades.net/curiosidades-2012> - Acesso em 27 de fevereiro de 2016

Podemos aparentemente estar imóveis, mas no interior do nosso corpo, nossos órgãos não descansam nunca. E, apesar de não mudarmos de posição em relação a nosso quarto e à cama, a Terra também não descansa. Por isso nossa posição em relação ao Sol está sempre variando.

(Adaptado de: PIETROCOLA, Mauricio, et al. 2010, pg 67)

Portanto, a definição sobre o estado de repouso ou movimento de um objeto deve sempre considerar quem o está observando, isto é, qual é o referencial adotado. Na situação da figura, a resposta pode mudar se adotamos como referencial o Sol ou a sua cama.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1 e 2 contidas na seção “exercícios propostos” anexo à primeira unidade didática deste material. Siga as orientações do seu professor.

APRESENTAÇÃO DAS UNIDADES

Como você pode perceber no texto que acabou de ler, movimento e repouso são conceitos relativos, isto é, dependem do referencial adotado. Por exemplo, em relação ao Sol, a Terra gira a sua volta com uma velocidade de aproximadamente de 30000 m/s ou 108000 km/h. Mas, você sabe definir o que é e como determinar velocidade?

Bom, por isso optamos por iniciar nosso estudo investigando velocidade na **unidade 1**. Estudaremos o conceito de velocidade e sua caracterização vetorial, debateremos o modelo de ponto material e corpo extenso.

Na **unidade 2**, abordamos um movimento muito corriqueiro no dia a dia, o movimento de queda dos corpos. Vamos tratar o modelo do movimento de queda livre e sua relação com as experiências realizadas por Galileu Galilei, num plano inclinado ainda no século XVII.

A **unidade 3** descreve os fatores que influenciam o campo gravitacional terrestre, além disso, indica uma maneira de determiná-la onde você estiver por meio do movimento periódico de um pêndulo.

Com base nisso, discutiremos o modelo do pêndulo simples, uma idealização muito adotada para simplificar o entendimento de muitas situações físicas.

Na natureza, existe um grande número de fenômenos em que observamos comportamentos oscilatório e periódico, tais como as ondas sonoras, a vibração de uma corda de um instrumento musical, o relógio de pêndulo e até mesmo o movimento do sangue no corpo.

E, por fim, na unidade 4, não poderíamos deixar de abordar o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, que permite o estudo que vai desde a colisão de bolas de gude até a compreensão de processos que envolvem partículas em escala microscópica.

Enfim, essas são algumas possibilidades que optamos por abordar dentro do estudo de movimentos. Não foi possível, neste produto educacional, tratar de todas as possibilidades, nem era nossa pretensão fazê-lo. O que fizemos foi escolher alguns assuntos que consideramos importantes para a construção do seu conhecimento. Produzimos algumas propostas de estudo, as quais chamamos de unidades didáticas, para que você tenha a oportunidade de conhecer, com o apoio de seus professores, a beleza das teorias científicas e dos seus modelos científicos. Bom estudo!

Figura 2 - Paraquedista em queda.



Fonte: flickr.com – acesso em 30 de junho de 2016

Figura 3 - Relógio de Pêndulo.



Fonte: Imagem disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br> - Acesso em 27 de fevereiro de 2016

UNIDADE

Velocidade

Figura 4 - Foto do corredor Jamaicano Usain Bolt.



Fonte: Montagem sobre foto de Usain Bolt feita por Kai Pfaffenbach/Reuters e de Jesse Owens, de domínio público e sem informação de autoria.

O que é velocidade?

Para início de conversa

O jamaicano Usain Bolt (figura anterior) é considerado um dos homens mais rápidos do mundo na corrida de 100m rasos. Conforme salienta Anjos (2015)¹², a performance desse atleta é de notório interesse físico, pois esse tem atingido velocidades nunca antes alcançadas por outro ser humano.

Você sabe definir velocidade?

Em uma folha sulfite elabore um mapa mental sobre o conceito de velocidade.

Pesquisa

Antes de discutirmos melhor conceito de velocidade, é necessário discutir alguns conceitos preliminares que facilitarão o entendimento do assunto. Para tanto, em seu caderno, faça uma pesquisa no seu livro didático (ou outras fontes, se disponíveis) e responda às seguintes questões:

1. Para que serve o Sistema Internacional de Unidades (SI)?
2. O que são grandezas físicas?
3. O que é uma grandeza física escalar e uma grandeza física vetorial? Cite exemplos.

Após a pesquisa, compartilhe o resultado do seu trabalho com a turma.

O texto a seguir foi elaborado pelo Prof. Alberto Gaspar (2010)¹³, ele apresenta uma definição provisória sobre o conceito de espaço percorrido e velocidade, sua relação com o cotidiano e as principais unidades. Acompanhe a leitura e discuta com seu professor a provisoriedade desses conceitos.

¹² Ver no campo referências

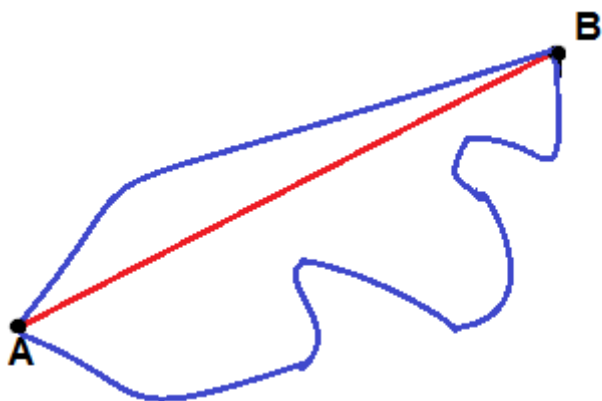
¹³ GASPAR, A. **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

O Espaço percorrido e a velocidade escalar

A definição de movimento permite pensarmos inicialmente em dois conceitos genéricos e provisórios, mas que nos são muito úteis no dia a dia.

O primeiro deles é o conceito de espaço percorrido, definido como a medida do comprimento do percurso do corpo em movimento. Essa medida costuma ser obtida entre duas referências, como os marcos quilométricos de uma estrada. Veja a figura a seguir:

Figura 5 - O espaço percorrido é o comprimento do caminho percorrido pelo móvel de ir de A a B – quanto mais curvas ele fizer (linhas azuis), maior o espaço percorrido, embora o comprimento do segmento de reta que une os pontos (linha vermelha) inicial e final do percurso não se altere.



Fonte da imagem: autor

O segundo conceito é o de velocidade escalar, que dá a ideia quantitativa ou numérica da rapidez com que o corpo se movimenta. Essa velocidade pode estar relacionada a um intervalo de tempo, quando, então, é chamada de *velocidade escalar média*, ou a um instante – intervalo de tempo infinitamente pequeno –, quando, então, é chamada de *velocidade escalar instantânea*.

Velocidade escalar média (V_m) de um corpo é, por definição, a razão entre o espaço percorrido (ΔS) e o intervalo de tempo (Δt) gasto para percorrê-lo.

Assim, a expressão matemática da velocidade escalar média é:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

[...] A unidade da velocidade escalar média ou instantânea é obtida pela razão entre as unidades de espaço percorrido, que é comprimento, e de tempo. Como no SI a unidade de comprimento é o metro (m) e a de tempo é o segundo (s), a unidade de velocidade é o metro por segundo (m/s). Na prática, entretanto, utilizam-se também outras unidades, como o quilômetro por hora (km/h).

A palavra velocidade tem diversos significados, como rapidez ou ligeireza, que não podem ser confundidos com o conceito físico de velocidade. O conceito de velocidade escalar que aparece aqui deve ser entendido como provisório, pois posteriormente será apresentado o conceito físico de velocidade. A principal diferença entre eles é que velocidade é um vetor, tem módulo, direção e sentido, enquanto que a velocidade escalar é uma grandeza escalar, com apenas valor numérico e unidade.

Aprofundando o assunto

1. Na Física, às vezes, é necessário mudar de unidades, ou seja, de gramas para quilogramas, de quilômetros para metros e assim por diante. Isso é fundamental para compararmos coisas que estão medidas em diferentes unidades¹⁴. Por exemplo, algo muito importante no estudo dos movimentos é saber passar de km/h (unidade mais usual) para m/s (unidade indicada pelo S.I) e vice-versa. Discuta com seu professor a possibilidade de uma regra prática para converter essas unidades de velocidade.

.....

.....

.....

.....

2. Qual carro está correndo mais: um com velocidade de 25 m/s ou outro que corre a 60 km/h? Justifique.

.....

.....

.....

3. Um ônibus parte da Rodoviária de Cascavel às 12h e chega a Rodoviária de Laranjeiras do Sul às 14h30min. Sabendo que a distância percorrida é de 150 km, qual sua velocidade escalar média?

.....

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

¹⁴ Texto adaptado de GREF (1998), material disponível na rede web no endereço: <<http://www.if.usp.br/gref>>, acesso em 02 de março de 2016.

Atividade computacional

No laboratório de informática do seu colégio, acesse a homepage do “Projeto Física Vivencial: Uma aventura do conhecimento¹⁵”, clique no ícone animações. Neste site são propostas duas situações em que é possível determinar a velocidade média em cada caso. Em seu caderno organize as informações, siga as orientações do seu professor e responda:

- a) Qual a velocidade escalar média do pica-pau (figura 3)?

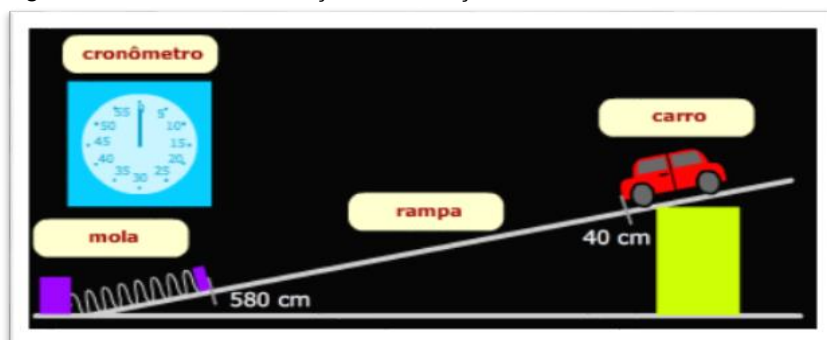
Figura 6 - “Print” da animação da situação 1.



Fonte: Projeto Física Vivencial - Licença: Creative Commons Brasil

- b) Qual a velocidade escalar média do carro na rampa (figura 4)?

Figura 7 - “Print” da animação da situação 2.



Fonte: Projeto Física Vivencial - Licença: Creative Commons Brasil

¹⁵ Disponível no endereço: <http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/ee/511/Executar.html>

Debate: Modelo do ponto material x corpo extenso

1. Um automóvel percorre, durante 4 horas, uma distância de 360 km. Determine a velocidade escalar média do ponto nesse intervalo de tempo. Resolva a questão e discuta com seu professor se existe alguma justificativa para empregar o termo “ponto” em vez de “automóvel”.

.....

.....

.....

.....

2. Um caminhão com 20,0 m de comprimento atravessa uma ponte com 80m de extensão com velocidade constante de 72,0 km/h (20,0m/s), como ilustra a figura a seguir:

Figura 8 - caminhão atravessando a ponte.

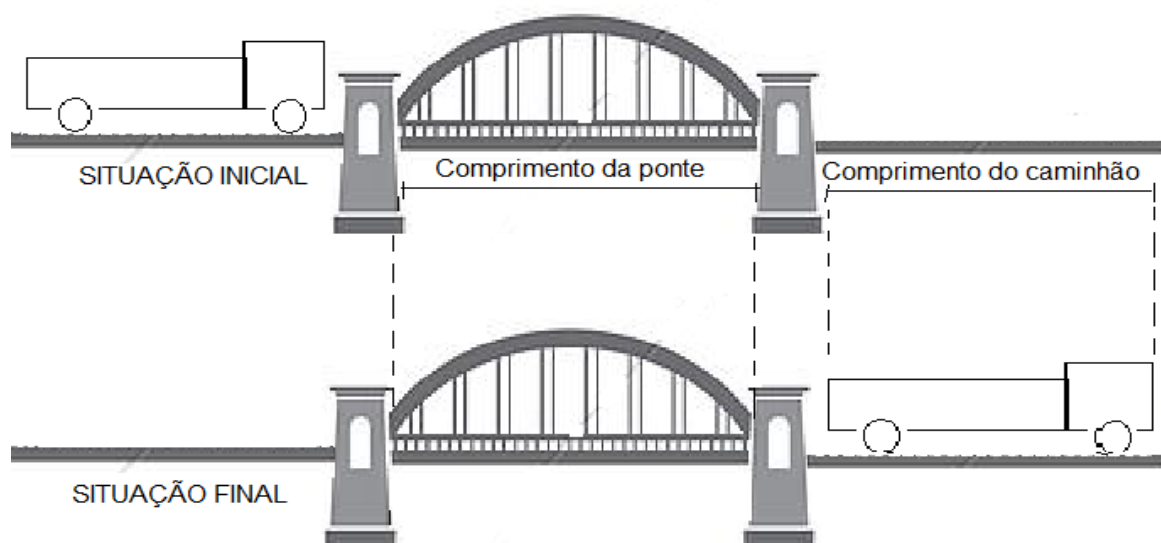


Imagem fora de escala - Fonte: O autor.

- a) Qual o tempo gasto para o caminhão atravessar completamente a ponte?

.....

.....

- b) Nesta situação, o caminhão pode ser considerado um ponto material? Justifique.

.....

.....

.....

.....

Como vimos, o conceito de velocidade escalar média é provisório, pois difere do conceito físico de velocidade. O texto a seguir, elaborado pelo Prof. Alberto Gaspar, trata do conceito de velocidade vetorial média ou simplesmente o conceito físico de velocidade média.

Velocidade Média

Já vimos o conceito de velocidade escalar média, definindo-o a partir do espaço percorrido por um móvel. O conceito de velocidade média é semelhante, mas é definido a partir do *deslocamento* de um ponto material. A velocidade média de um ponto material é, por definição, a razão entre deslocamento $\vec{d}$ de um móvel e o intervalo de tempo (Δt).

Assim, expressa em módulo, a velocidade média é:

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

[...] As unidades de velocidade média são as mesmas que as da velocidade escalar média, uma vez que deslocamento e espaço percorrido têm a mesma dimensão (comprimento).

(Adaptado de: GASPAR, Alberto. 2010. p. 57-58)

Atividade Experimental

Nas atividades de experimentação a seguir vocês devem se organizar em grupos:

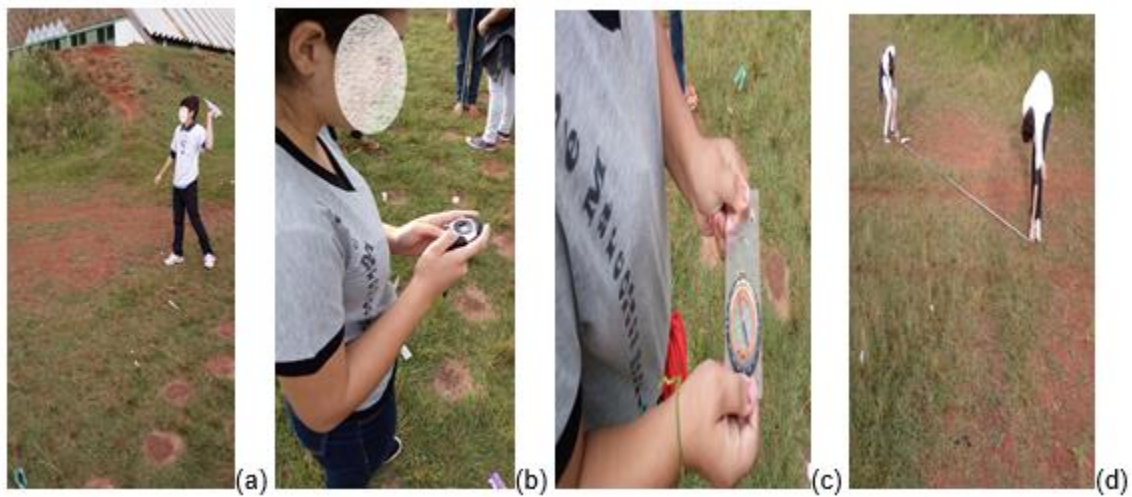
1. Determinar a velocidade escalar média de um colega do grupo caminhando pela sala. Para isso você precisará de um kit experimental (figura ao lado), composto simplesmente de uma trena para medir a distância percorrida e um cronômetro para medir o tempo. Siga atentamente as orientações do professor e desenvolva todos os cálculos em seu caderno.



Figura 9 - Foto do kit experimental para determinação da Velocidade.

2. Determinar a velocidade vetorial média de um aviãozinho de papel durante um voo pela sala. O kit experimental é o mesmo da atividade anterior, tendo apenas que acrescentar o aviãozinho. Não se baseie apenas em um único lançamento, repita algumas vezes o procedimento, para, em seguida, fazer a média das velocidades vetoriais em m/s e Km/h.

Figura 10 - Estudantes realizando a atividade experimental com o aviãozinho de papel.



Fonte: O autor.

3. Utilize uma bússola para determinar a direção e o sentido do voo do aviãozinho. Organize as informações conforme a tabela a seguir:

Tabela 10: Tabela para retirada de dados do experimento.

VOOS	Vetor deslocamento (m)	TEMPO (s)	VELOCIDADE (m/s)	VELOCIDADE (km/h)	Direção e sentido
1º Voo					
2º Voo					
MÉDIA					

Fonte: O autor.

4. Quais as diferenças de procedimento para obter a velocidade escalar média e a velocidade vetorial média?

.....
.....

5. Velocidade média e média de velocidade são conceitos equivalentes? Justifique.

.....
.....
.....
.....

Referências

ANJOS, Vanderlan Rodrigues dos. **Contextualização e o uso de simulações no Ensino Médio: facilitando a compreensão dos problemas de Física**. Material Instrucional associado a dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na escola**. São Paulo. Vol. 9, n. 1 (maio 2008), p. 10-14, 2008.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio, física, vol. 1. Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

GRAF, Grupo de Reestruturação do Ensino de Física (Vários autores). **Leituras em Física para estudantes**. Disponível no site: www.if.usp.br/graf

JOKURA, Tiago. “Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?”. *Revista Mundo Estranho*, Ed. 85, 2014.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de Física Conceitual**; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PROJETO Física Vivencial: uma aventura do conhecimento. MEC/MCT/FNDE/IGGE (Projeto CONDIGITAL). Licença Creative Commons: Instituto Galileo Galilei para a Educação. Disponível na rede web: www.fisicavivencial.pro.br – Acessado em 19/05/2015

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. **Física e Realidade**, ensino médio, física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

VEIT, Eliane; ARAUJO, Ives; BRANDÃO, Rafael. **Modelos Científicos e Fenômenos Físicos**. Revista Física na escola. São Paulo. Vol. 9, n. 1 (maio 2008), p. 10-14, 2008.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA I - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Levando em consideração um indivíduo que esteja sentado na poltrona de um ônibus em movimento com velocidade constante. Responda se a pessoa está em movimento ou em repouso em relação:
 - a. Ao motorista do ônibus?
.....
 - b. A uma pessoa que observa o ônibus passar?
.....
2. O prédio do seu colégio está em repouso ou em movimento em relação a(ao):
 - a) Terra:
 - b) Sol:
3. Em uma estrada, o limite de velocidade é de 60 km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 20m/s? Justifique.
.....
.....
.....
4. Em 12s um caminhão percorre 360m. Qual é a sua velocidade escalar média nesse intervalo de tempo em m/s?
.....
.....
.....
.....
5. A velocidade escalar média do caminhão no exercício anterior equivale a quanto em Km/h?
.....
.....
.....
6. O atleta jamaicano Usain Bolt, ganhador da prova da Olimpíada de Pequim, na China, em 2008, bateu o recorde mundial na prova dos 100 metros rasos ao

terminar a prova em 9,69 segundos. Qual a velocidade média de Usain Bolt em km/h nesta prova?

.....

.....

.....

.....

7. Segundo a Revista Mundo Estranho¹⁶, o jamaicano Usain Bolt, na Olimpíada de Pequim, em 2008, num determinado instante atingiu a velocidade de 43,9 Km/h. Relacione essa informação com o valor encontrado no exercício anterior e tente explicar a diferença entre velocidade instantânea e velocidade escalar média.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Em uma estrada, o limite de velocidade é de 110 km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 20 m/s? Justifique.

.....

.....

.....

9. A distância entre Laranjeiras do Sul e Guarapuava é 120 km. Certo veículo sai às 10h de Laranjeiras e chega a Guarapuava às 12h. Determine, nesse intervalo de tempo, a velocidade escalar média do veículo em Km/h.

.....

.....

.....

10. Um móvel tem velocidade escalar média de 8m/s. Qual a distância percorrida pelo móvel em 40s?

.....

¹⁶ Jokura, Tiago (2014), “Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?”. *Revista Mundo Estranho*, Ed. 85.

.....

.....

11. Uma motocicleta percorre uma distância de 150 metros com velocidade escalar média de 25m/s. Qual é o tempo gasto para percorrer essa distância?

.....

.....

.....

12. Fisicamente, o que pode ser considerado um ponto material? Cite três exemplos de pontos materiais com os respectivos meios.

.....

.....

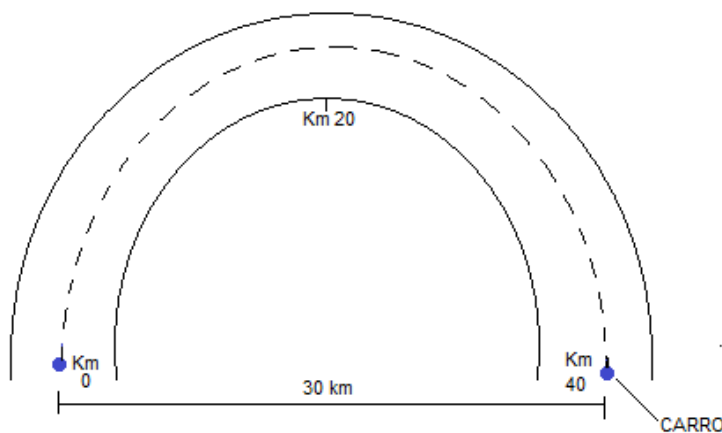
.....

- 13.(UEL-PR) Considere as seguintes grandezas físicas mecânicas: tempo, massa, forças e velocidade. Dentre elas, têm caráter vetorial apenas:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| a. Força e velocidade; | d. Velocidade e tempo; |
| b. Massa e força; | e. Tempo e força; |
| c. Tempo e massa; | |

14. Um carro desloca-se com velocidade constante na pista ilustrada na figura ao lado e gasta 2,0 horas para ir do km 0 até km 40.

Figura 11 - Carro que se desloca do Km 0 ao Km 40 de uma rodovia



Fonte: autor

- Calcule o módulo do vetor velocidade média durante todo o percurso.
- Calcule a velocidade escalar média.

UNIDADE DIDÁTICA 2

Estudo da queda livre e do plano inclinado

Figura 12 - Pinheiro Araucária – árvore símbolo do estado do Paraná.



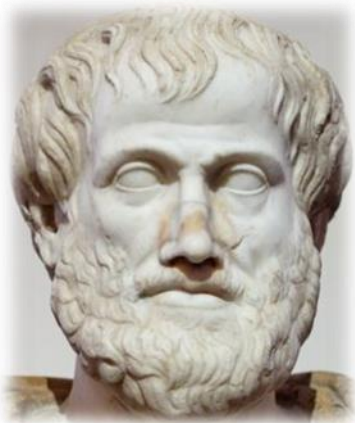
Fonte: Imagens disponíveis em: Portal Dia a Dia Educação: www.diaadiaeducacao.pr.gov.br – Acesso em setembro de 2015

Como explicar a velocidade de queda da pinha do Pinheiro Araucária?

Para início de conversa

Para buscar respostas de como explicar a velocidade de uma pinha caindo do Araucária, ou de qualquer objeto em queda, precisamos compreender melhor as concepções que permearam o desenvolvimento da teoria que explica esse tipo de movimento. Acompanhe a leitura do próximo texto!

Figura 13 - Busto de Aristóteles.



Fonte:
<http://en.wikimedia.org>

O MOVIMENTO NATURAL SEGUNDO ARISTÓTELES

Até meados do século XVI, o que se pensava acerca dos movimentos dos corpos e de suas causas seguia as ideias de Aristóteles. Esse pensador grego, no século IV a.C., dizia que os corpos pesados caíam porque tinham que ocupar seu lugar natural. Assim, era natural que uma pedra, constituída pela terra, ao ser largada a certa altura, despencasse em direção ao centro da Terra.

Aristóteles não só explicou por que esses corpos em queda buscam a superfície da Terra, como dizia que o corpo em queda manteria a velocidade constante durante praticamente todo o trajeto. Para ele, após o corpo ser largado de determinada altura, sua velocidade aumentaria rapidamente, quase instantaneamente, e a seguir passaria manter velocidade constante.

Outra ideia é que a velocidade dependeria do peso do corpo. Os mais pesados cairiam com maior velocidade em relação aos mais leves.

(Adaptado de: PIETROCOLA, Mauricio, et al. 2010, pg 112)

Você concorda com Aristóteles?

Objetos pesados caem mais rápido que os leves?

O que influencia no tempo de queda dos corpos? A velocidade é constante?

A próxima atividade experimental lhe auxiliará nesta investigação!

Atividade Experimental

Na próxima atividade propomos algumas maneiras de investigar a velocidade dos corpos em queda. Para isso, você precisa de duas folhas de papel e sua borracha para realizar alguns testes. Siga as orientações do seu professor, realize os seguintes procedimentos e responda às questões:

- a) Pegue a sua borracha e uma folha de papel na horizontal e largue as duas de uma mesma altura ao mesmo tempo. Quem chegou primeiro?

.....

.....

.....

- b) Solte duas folhas iguais na posição horizontal. O que aconteceu?

.....

.....

- c) Amasse uma das folhas e voltar a soltar as duas folhas de uma mesma altura. O que acontecerá? Por quê?

.....

.....

- d) Pegue a sua borracha e a folha de papel amassada e largue-os de uma mesma altura simultaneamente. Quem chegou primeiro?

.....

.....

- e) Depois de todos os testes realizados, qual a sua conclusão? O que influencia no tempo de queda dos corpos?

.....

.....

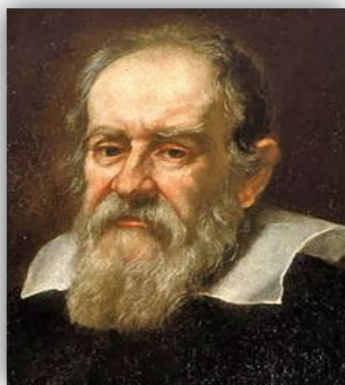
Figura 14 - Estudantes realizando a atividade experimental sobre queda dos corpos.



Fonte das fotografias: autor

TESE DE GALILEU SOBRE A QUEDA DOS CORPOS

Figura 15 - Galileu Galilei.



Fonte: <http://mwl.wikipedia.org>
Acesso em 20 de outubro de 2015

Galileu Galilei (1564-1642) refutava a teoria aristotélica, alguns historiadores da ciência afirmam que para demonstrar sua tese, ele teria ido até o alto da Torre de Pisa¹⁷ – e deixado cair de lá dois objetos de massas diferentes, suficientemente pesados e compactos, para que sua queda não fosse afetada pela resistência do ar, comprovando que cairiam ao mesmo tempo. **Será que a tese de Galileu é verdadeira? Realize a próxima atividade.**

¹⁷ Existem controvérsias sobre a realização do experimento na Torre de Pisa: I) Algumas fontes indicam que esse experimento tenha sido efetivado; II) Outros dizem que foi realizado, mas em outro local; III) Outros historiadores sugerem ainda que esse experimento não tenha sido realizado em lugar algum, que não passa de lenda, sugerem que Galileu tivesse deduzido a conclusão pela lógica do experimento do plano inclinado que veremos a seguir.

Atividade Experimental e debate

Assista a atividade experimental que foi realizada pela equipe de documentários do canal de televisão BBC¹⁸ de Londres, em colaboração com a NASA¹⁹. Eles decidiram soltar da mesma altura e ao mesmo tempo, uma bola de boliche e um feixe de penas, numa situação praticamente ideal, sem resistência do ar, imitando o espaço. O teste foi realizado nas instalações da agência espacial americana, na maior câmara de vácuo do mundo, capaz de sugar trinta toneladas de ar. Assista ao vídeo da experiência²⁰, debata com seu professor(a) e colegas as seguintes questões:

Figura 16 - bola de boliche e pena branca em queda.



Fonte:
www.curtirespetacular.com.br
Acesso em 30 de junho de 2016

- a) No que consiste a idealização do movimento de queda livre?

.....
.....

- b) Imagine que um astronauta tenha saltado de paraquedas, de um foguete, a uma certa altura acima da superfície da Lua. Você acha que, ao ser aberto o paraquedas, ele teria alguma influência no movimento de queda do astronauta? Por quê?

.....
.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1, 2, 3, 4 e 5 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

¹⁸ A **British Broadcasting Corporation** ("Corporação Britânica de Radiodifusão", mais conhecida pela sigla **BBC**) é uma emissora pública de rádio e televisão do Reino Unido fundada em 1922. Possui uma boa reputação nacional e internacional

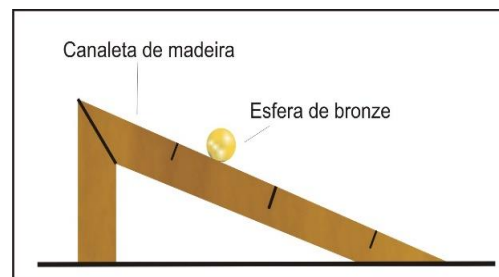
¹⁹ NASA é a Agência Espacial Americana que responde pela pesquisa, pelo desenvolvimento de tecnologias e por programas de exploração espacial e tem como missão incrementar o futuro na pesquisa, a descoberta e a exploração espacial.

²⁰ Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

GALILEU: O ESTUDO DA QUEDA LIVRE E O PLANO INCLINADO

Galileu Galilei (1564-1642) durante seus estudos desenvolveu a cinemática, parte da mecânica que descreve os movimentos dos objetos. Analisou os movimentos retilíneos uniformes e uniformemente variados, o que lhe permitiu descrever, em relação aos objetos em geral, a queda livre e a descida num plano inclinado e as trajetórias balísticas.

Figura 17 - Plano Inclinado.



Fonte: Disponível em domínio público no endereço: <https://commons.wikimedia.org> – Acesso em setembro de 2015

Além de enfrentar a influência das ideias de Aristóteles, Galileu deparou com muitas dificuldades técnicas e práticas ao estudar a queda dos corpos. Convencido de que a velocidade dos corpos em queda aumenta gradativamente, argumentou que esses corpos sofrem acréscimos constantes de velocidade, ou seja, trata-se de um movimento uniformemente variado.

Como os corpos em queda livre caem muito rápido, Galileu pensou que “se um corpo cai livremente varia sua velocidade de maneira uniforme – sofre acréscimos iguais de velocidade em tempos iguais -, outro que rola por uma rampa deve variar sua velocidade da mesma maneira. A diferença está na intensidade da variação”.

Desse raciocínio pode ter saído a ideia de analisar a variação de velocidade de um corpo que desce um plano inclinado (rampa), conforme salienta NUSSENZVEIG (2002):

Um estudo experimental direto da queda livre seria muito difícil naquela época, porque os tempos de queda nas condições usuais são muito curtos. Galileu resolveu essa dificuldade diminuindo a aceleração, com auxílio de um plano inclinado (NUSSENZVEIG, 2002, p.36).

Galileu logo percebeu que a velocidade de uma bola descendo uma rampa aumentava em uma mesma taxa por unidade de tempo, isto é, a aceleração é constante, e concluiu que o mesmo poderia valer para a queda livre. À medida que aumentasse o valor do ângulo de inclinação da rampa, aumentaria também o valor da aceleração, e chegaria num valor limite quando a rampa estivesse com a inclinação máxima – situação de queda livre.

Entretanto, uma das maiores dificuldades enfrentadas por Galileu na experiência era medir o tempo - naquela época não tínhamos relógios precisos.

Aprofundando o assunto

Assista ao documentário “Galileu – o mensageiro das estrelas”, disponível na web²¹, em especial o trecho que trata do experimento de Galileu no plano inclinado.

Discuta o experimento com seu professor e colegas e responda:

1. Que métodos Galileu utilizou para medir o tempo?

.....

Galileu, o Mensageiro das Estrelas

Gênero: Documentário

Sub-Gênero: Educativo

Diretor: Philippe Tourancheau

Duração: 52 min Ano: 2006 Formato:

indisponível País: França Cor: Indisponível

2. Na época do experimento, já se sabia que projéteis lançados com uma velocidade inicial de direção oblíqua, descrevem algum tipo de trajetória curva; mas foi Galileu que precisou melhor como deveria ser a trajetória. De acordo com o vídeo assistido, responda:

- a) Segundo Galileu, como deveria ser a trajetória descrita pelo projétil?

.....

- b) Por que tal constatação proporcionou vantagens financeiras a Galileu?

.....

3. Numa situação de queda livre que corresponde ao ponto de maior inclinação da rampa (90°), a aceleração da esfera pelo plano inclinado corresponde ao valor da aceleração da gravidade (g). Pense e, com ajuda do seu professor, responda:

- a) Pesquise qual o valor da aceleração da gravidade na superfície da Terra.

.....

- b) Em outras situações, que expressão matemática permitiria o cálculo da aceleração da esfera na rampa em qualquer ângulo menor que 90° ?

.....

²¹ Sugerimos o acesso dos trechos do documentário pelo seguinte endereço:
<https://www.youtube.com/watch?v=T9DLF7SWkqs>

- c) Desprezando possíveis atritos com o ar e com a superfície da rampa, qual aceleração da esfera ao rolar num plano inclinado com um ângulo de 30° ?

.....

.....

.....

- d) Uma esfera rola do plano inclinado e chega a um plano horizontal perfeitamente liso (sem atrito). O que se espera que aconteça: que a esfera mantenha a mesma velocidade ou a mesma aceleração? Discuta com seus colegas e professor essa situação.

.....

.....

.....

Descrevendo o movimento de queda livre

Como vimos, Galileu combinou resultados adquiridos nos experimentos com planos inclinados com o movimento de queda livre. Desprezando a resistência do ar, as principais conclusões foram:

No movimento uniformemente variado que inicia do repouso:

1º) *A velocidade do objeto é proporcional ao tempo de queda.*

2º) *O deslocamento é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo.*

Mas qual o significado dessas afirmações?

Para exemplificar a primeira situação, vamos admitir um objeto em queda livre nos instantes 0 (zero), 1 segundo, 2 segundos e 3 segundos, com o valor das velocidades indicados no quadro a seguir:

Quadro 1 - Valor da velocidade em função do tempo.

Tempo (s)	Velocidade (m/s)
$t_0 = 0$	$V_0 = 0$
$t_1 = 1$	$V_1 = 10$
$t_2 = 2$	$V_2 = 20$
$t_3 = 3$	$V_3 = 30$

Fonte: O autor.

De acordo com o quadro anterior, pense e responda:

a) Qual o valor da aceleração da gravidade (g)?

.....

b) Qual será o valor da velocidade no instante 4 s?

.....

.....

c) Deduza qual expressão matemática melhor relaciona a velocidade (V) em função do tempo de queda (t)?

.....

.....

d) Usando a expressão matemática anterior, qual a velocidade num tempo de 9 s?

.....

.....

Para exemplificar a segunda situação, que trata da altura (y) proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo, podemos construir um quadro com o valor dos deslocamentos dos objetos em determinados instantes, claro, desprezando a resistência do ar:

Quadro 2 - Valor do deslocamento em função do tempo de queda.

Tempo (s)	Altura (m)
$t_0 = 0$	$y_0 = 0$
$t_1 = 1$	$y_1 = 5$
$t_2 = 2$	$y_2 = 20$
$t_3 = 3$	$y_3 = 45$

Fonte: O autor.

De acordo com o quadro anterior, pense e responda:

a) Qual a expressão matemática melhor relaciona a altura (y) em função do tempo de queda (t)?

.....

.....

b) Qual será o deslocamento do objeto em queda livre num tempo de 4 s?

.....

.....

- c) Em seu caderno, elabore um gráfico da altura em função do tempo nos primeiros quatro segundos de queda.

.....

.....

Aprofundando o assunto

1. Uma pinha madura cai do alto de um Pinheiro Araucária e demora cerca de 3s para chegar ao solo. Despreze a resistência do ar sobre a pinha, considere a aceleração da gravidade terrestre igual a 10 m/s^2 para estimar a altura desse pinheiro.

.....

.....

.....

2. Em relação à questão anterior, estime com que velocidade a pinha chega ao solo?

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 6, 7, 8, 9, 10 e 11 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

Anotações:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Referências

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física**: ensino médio/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

JUNIOR, Silveira; DA, Pedro Belchior; ARNONI, Maria Eliza Brefere. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, p. 1-8, 2013.

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ/SEED. Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física. Curitiba: SEED, 2009

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. Física e Realidade, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA II - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Assinale a alternativa correta.
Queda livre é o movimento pelo qual:
() A resistência do ar é considerada.
() A resistência do ar é desprezível.
2. Assinale a alternativa correta. Uma das interpretações sobre a queda dos objetos ressaltava que “corpos pesados caíam mais depressa” quando soltos da mesma altura. Essa interpretação é atribuída a:
() Aristóteles;
() Galileu Galilei;
() Isaac Newton;
() Albert Einstein;
3. Dois objetos, uma pedra e uma pena são abandonados simultaneamente da mesma altura. Responda (justificando) qual deles chega primeiro ao chão, admitindo que a experiência se realize:
a. no ar:

b. no vácuo:
4. Se não existisse a aceleração da gravidade, qual seria a trajetória para um tiro de canhão?
5. Assinale a alternativa correta. Um objeto caindo em queda livre apresenta:
() Aceleração constante.
() Velocidade constante.
6. Assinale a alternativa correta. Próximo à superfície da Terra, com que taxa a velocidade de um objeto em queda livre varia aproximadamente:
a. 9,8 m/s a cada segundo.
b. 9,8 m/s a cada hora.
c. 9,8 m/s a cada minuto.
d. 9,8 km/h a cada segundo
7. Assinale a alternativa correta. Ao abandonarmos uma pequena esfera de chumbo de um prédio localizado no centro da cidade de Laranjeiras do Sul, ela passa a ter aceleração de $9,8\text{m/s}^2$. Desprezando a resistência do ar, o valor da velocidade da esfera:
a. Passará a ser constante após atingir o valor de 9,8 m/s.
b. Diminui 9,8 m/s a cada segundo de queda.

- c. Aumenta $9,8\text{m/s}$ a cada segundo de queda.
- d. É de $9,8\text{m/s}$ ao chegar ao solo.
- e. Aumenta à razão de $9,8\text{m/s}$ a cada metro de queda.

8. Assinale a alternativa correta. Uma pedra é abandonada do alto de um prédio e atinge o chão $3,0$ segundos depois realizando um movimento uniformemente variado. Considere sua concepção de queda livre (*questão 1*) e o valor da variação da velocidade de um objeto em queda livre (*questão 6*) e determine a altura desse prédio. O valor encontrado foi aproximadamente:

- a. 10m
- b. 30m
- c. 45m
- d. 60m

9. Assinale a alternativa correta. Em relação ao exercício anterior, qual será a velocidade da pedra ao chegar no chão:

- a. Zero.
- b. 10m/s .
- c. 45m/s .
- d. 30m/s .

10. Assinale a alternativa correta. Uma esfera de bronze rola numa rampa inclinada por canaleta perfeitamente lisa e reta (figura a seguir). Durante o movimento no plano inclinado pode-se afirmar que aceleração da esfera:

- a. É nula.
- b. É constante e positiva.
- c. É constante e negativa.
- d. É variável.

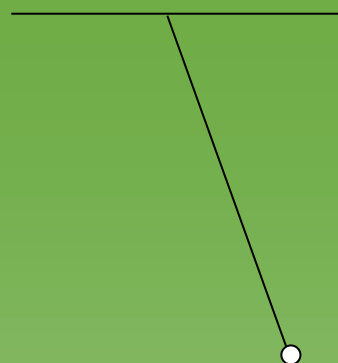
11. Um pequeno corpo é abandonado de uma altura de 80m do solo. Adotando $g = 10\text{m/s}^2$, pergunta-se:

- a. Em que instante ele atinge o solo?
- b. Com que velocidade ele atinge o solo?

UNIDADE DIDÁTICA 3

Aceleração da gravidade e o estudo do pêndulo simples

Figura 18 - Representação do Planeta Terra e de um pêndulo a oscilar.



Fonte das imagens:

- 1) Planeta Terra: Imagem da NASA em domínio público disponível em:
<http://photy.org/pt/imagens-livres/Planeta-Terra/670.html> - Acesso 10 set. 2016
- 2) Pêndulo simples: O autor

Qual a relação entre o Planeta
Terra e o movimento do pêndulo?

Para início de conversa

Você conhece quais fatores influenciam no valor da aceleração gravitacional terrestre? E sabe qual a relação entre o Planeta Terra e o movimento do pêndulo? Nesta unidade você conhecerá mais sobre isso e poderá ainda aprender uma maneira experimental de como determinar a aceleração da gravidade onde você estiver. Fique atento a esta investigação!

O VALOR DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

A terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a aceleração da gravidade (g) não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da superfície. Por exemplo, na região da Linha do Equador, a aceleração da gravidade é um pouco menor do que na região dos polos, pois encontra-se mais distante do centro da Terra.

Quadro 3 - Valor da aceleração da gravidade em diferentes altitudes.

Altitude (km)	$g(m/s^2)$
0	9,81
1000	7,33
2000	5,68
3000	4,53
4000	3,70
5000	3,08
6000	2,60
7000	2,23
8000	1,93
9000	1,69
10000	1,49

Fonte: Disponível em: goo.gl/R0a5ie
- Acesso 02 de julho de 2016

Outro fator que influencia na aceleração da gravidade é a altitude. O quadro ao lado mostra a variação da aceleração gravitacional em função da altura. Observe no quadro 3 que um objeto em queda livre em um local próximo à superfície da Terra ao nível do mar e à latitude de 45° , estará sujeito a uma aceleração de aproximadamente $9,81m/s^2$, enquanto que, a 1000 Km de altura a aceleração gravitacional vale aproximadamente $7,33m/s^2$.

E na sua cidade, no seu colégio ou na sua casa, qual será o valor da aceleração da gravidade? Qual sua relação com o estudo do pêndulo? O próximo texto e atividade lhe auxiliará nesta tarefa.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1 e 2 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática. Siga as orientações do seu professor.

O ESTUDO DO PÊNDULO

Figura 19: Galileu e o estudo do pêndulo.



Fonte da imagem:
bibliotecadigital.ilce.edu.mx – Acesso em
20 de outubro de 2015

Qualquer corpo suspenso por um eixo e capaz de oscilar é chamado de pêndulo, com os pêndulos podemos entender grandezas fundamentais da física, como os movimentos periódicos e a conservação de energia. Fenômenos periódicos são utilizados desde a antiguidade para a medição do tempo, um exemplo disso são os “relógios de pêndulo”, que são utilizados até os dias de hoje.

Nesta unidade, além aceleração da gravidade, analisaremos os fenômenos relacionados aos pêndulos. Um pêndulo simples é formado por um corpo, suspenso por um fio inextensível e de massa desprezível. O período de oscilação de um pêndulo é uma das grandezas fundamentais da física, ele é o intervalo de tempo que um pêndulo leva para completar uma oscilação. Algebricamente, o período do pêndulo é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

O período do pêndulo depende do comprimento L do fio que o sustenta, empiricamente, variando o comprimento do fio, podemos variar o tempo de oscilação do pêndulo. Na equação, percebemos que, quanto menor for o comprimento do pêndulo, mais curto será o seu período de oscilação.

Uma experiência interessante é determinar a aceleração da gravidade local utilizando um pêndulo simples, os parâmetros são conhecidos, rearranjando a equação do pêndulo e evidenciando g :

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

Adaptado de: FILHO, Arnaldo Brasílio. **Trabalho com pêndulos**. Texto de aula disponível no Portal do Professor – MEC (Ministério da Educação)²²

Aprofundando o assunto

1. Com base no texto que acabamos de ler, com a ajuda do seu professor e colegas, responda quais idealizações são adotadas no modelo do pêndulo simples?

.....

.....

.....

2. Com base no texto sobre o estudo do pêndulo, livro didático ou outras fontes disponíveis, faça uma breve descrição dos seguintes termos e expressões características dos pêndulos e movimentos periódicos: oscilação, amplitude, período e frequência.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Pesquisa

No laboratório de informática do seu colégio, realize uma pesquisa que contemple os seguintes tópicos:

- a) A altitude e latitude na sua cidade:

.....

.....

- b) Com os valores encontrados, acesse o site: <http://www.sensorone.com/local-gravity-calculator/> - digite as informações (encontrados no item a) e verifique o valor estimado para a aceleração da gravidade em sua cidade.

.....

.....

Atividade Experimental

Vamos determinar a aceleração da gravidade local usando um pêndulo simples. Para isso, colabore e participe da demonstração experimental realizada pelo seu professor. Nesta atividade serão utilizados os seguintes materiais:

- Uma linha de costura;
- Uma borracha;
- Um cronômetro;
- Uma trena;
- Um transferidor.

Realize os seguintes procedimentos:

1. **Construa o pêndulo:** O pêndulo pode ser construído utilizando um pedaço de linha de costura amarrado a uma borracha. O fio pode ser preso em uma mesa, soltem o fio aproximadamente a 5 graus da posição de equilíbrio do pêndulo. Use um transferidor para marcar a posição numa folha de papel.

Figura 20 - Estudantes preparando a atividade experimental com o pêndulo.



Fonte das fotografias: O autor.

2. **Realize as medidas:**

- Anote o comprimento do fio (L);
- Use o cronômetro e marque o tempo decorrente para um total de 10 oscilações;

- Faça uma média do período (basta dividir o tempo total por 10) por oscilação;
- Repita o procedimento algumas vezes para diminuir o erro.
- Anote as informações, conforme tabela a seguir:

Tabela 11- Tabela para anotação dos dados do experimento.

Nº da medida	Tempo total de 10 oscilações (s)	T - Período médio (Tempo total/10) em (s)	L - Comprimento do fio (m)
1			
2			
3			
MÉDIA:			

Fonte: O autor.

3. **Aplicação do modelo:** Com as informações da tabela, calcule o valor da aceleração da gravidade:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$$

.....

.....

.....

.....

4. **Comparação dos resultados:** Compare o valor encontrado no experimento com o valor determinado na pesquisa e responda:

- a. O valor encontrado é aproximado àquele da pesquisa?

.....

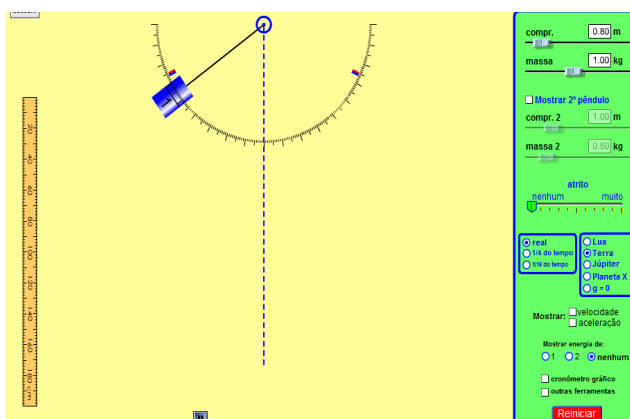
.....

- b. Discuta com seu professor: que fatores influenciaram na determinação experimental da aceleração da gravidade com o pêndulo:

Atividade Computacional

Para a compreensão e visualização desse fenômeno, vamos utilizar um objeto de aprendizagem que permite visualizar esse fenômeno físico utilizando um pêndulo virtual, o nome do objeto é “Laboratório de Pêndulos²³”, com ele, podemos simular um pêndulo oscilando. Siga as orientações do professor e realize os seguintes procedimentos:

Figura 21: “Print” da simulação “Laboratório de Pêndulos”.



Fonte: < goo.gl/67qD6u > Acesso em 10 de setembro de 2016

a) Escolha os seguintes parâmetros (quadro verde da tela):

- Comprimento do fio (L): use 2,0 m;
- Massa (m): use 1,0 kg -
- Atrito: use nenhum
- Planeta: Terra
- Selecione a opção: cronômetro gráfico.
- Arraste com o mouse a massa do pêndulo: ângulo de 10°

b) Deixe o pendulo oscilar e inicie o cronômetro gráfico. Anote o valor informado no cronômetro para o período de oscilação na Terra.

.....

c) Reinicie o simulador e altere o seguinte parâmetro:

- Massa do pêndulo (m): use 2,0 kg

Deixe o pêndulo oscilar e anote qual será o período de oscilação. Houve diferenças?

.....

.....

d) Reinicie o simulador e altere o seguinte parâmetro:

- Atrito: arraste para uma posição intermediária (entre nenhum e muito atrito); Deixe o pêndulo oscilar e responda: Houve diferenças no período de oscilação? E na amplitude de oscilação?

.....

.....

.....

- e) Repita o procedimento com os mesmos parâmetros adotados no item (a) para os seguintes locais: Lua, Júpiter, Planeta “X” e “sem gravidade”. Qual o período de oscilação do pêndulo em cada situação?

T_{lua} :

$T_{\text{Júpiter}}$:

$T_{\text{Planeta X}}$:

$T_{\text{sem gravidade}}$:

- f) Um planeta com maior aceleração gravitacional (Júpiter, por exemplo), faz o pêndulo ser mais lento ou mais rápido?

.....

.....

.....

.....

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática.

Siga as orientações do seu professor.

Referências

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S; VEIT, E. A. *A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física*, **Física na Escola**, v. 9, n.1, p.10-14, 2008.

FILHO, Arnaldo Brasílio. **Trabalho com pêndulos**. Aula disponível no Portal do Professor – MEC (Ministério da Educação). Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1496> – Acessado em 30 de maio de 2015.

FERREIRA, Ricardo Bruno. Galileu e a sua importância epistemológica. 2004.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física: ensino médio/** Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

HEWITT, Paul G. **Fundamentos de Física Conceitual**; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

HORIGUTI, Augusto Massashi. Determinação da Equação Geral do Pêndulo simples. **Revista: Sinergia**, São Paulo, v.7, n.1, pg.59-63, 2006.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. **Física e Realidade**, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA III - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. A Terra não é perfeitamente esférica. Isso significa que a gravidade não tem, a rigor, o mesmo valor numérico em todos os pontos da sua superfície. Em uma região próxima à linha do Equador, a aceleração da gravidade será:
- Maior em relação aos polos.
 - Menor em relação aos polos.
 - Igual em relação aos polos.
 - Zero.
02. O monte Everest é um dos pontos mais altos da superfície da Terra. Sabendo-se que sua altura em relação ao nível do mar é de aproximadamente 9000 m, a aceleração da gravidade no topo do monte será:
- Menor em relação ao nível do mar.
 - Maior em relação ao nível do mar.
 - Igual em relação ao nível do mar.
 - Zero.
03. Na superfície de um planeta de massa M , um pêndulo simples de comprimento L , tem período T duas vezes maior que o período na superfície da Terra. A aceleração, devido à gravidade neste planeta, é:
- 20 m/s^2
 - $5,0 \text{ m/s}^2$
 - $15,0 \text{ m/s}^2$
 - $2,5 \text{ m/s}^2$
04. Na Terra, certo pêndulo simples executa oscilações com período (T). O período desse pêndulo se posto a oscilar na Lua, onde a aceleração da gravidade é 6 vezes menor:
- Aumentaria em relação à Terra.
 - Diminuiria em relação à Terra.
 - Permaneceria o mesmo período de oscilação.
 - Tenderia ao infinito.
05. O que aconteceria com o período de um pêndulo à medida que fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais:
- Aumentaria em relação à Terra.
 - Diminuiria em relação à Terra.
 - Permaneceria constante.
 - Tenderia ao infinito.

06. Um pêndulo simples, de comprimento L , tem um período de oscilação T , num determinado local. Para que o período de oscilação passe a valer $2T$, no mesmo local, o comprimento do pêndulo deve ser aumentado para:

- a. $2 L$
- b. $4 L$
- c. $6 L$
- d. $7 L$

07. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$, o período de um pêndulo simples, que tem comprimento de $1,6\text{ m}$, será aproximadamente:

- a. $2,5\text{ s}$
- b. $5,0\text{ s}$
- c. $1,6\text{ s}$
- d. $1,0\text{ s}$

08. Suponhamos que no Planeta “X”, um pêndulo simples de comprimento 2 m , possui período de oscilação $4,0\text{ s}$. A aceleração da

gravidade neste planeta desconhecido será aproximadamente:

- a. $2,5\text{ m/s}^2$
- b. $5,0\text{ m/s}^2$
- c. $7,5\text{ m/s}^2$
- d. 10 m/s^2

09. Das grandezas relacionadas abaixo, as que influenciam no período de um pêndulo simples são:

- a) Massa do pêndulo e comprimento do fio.
- b) Amplitude do movimento e massa do pêndulo.
- c) Comprimento do pêndulo e aceleração gravitacional.
- d) Aceleração gravitacional local e amplitude do movimento.
- e) Massa do pêndulo e aceleração gravitacional.

UNIDADE DIDÁTICA 4

Princípio da conservação da quantidade de movimento

Figura 22: Pêndulo de Newton.



Autoria da imagem: DemonDeluxe – Imagem livre para utilização desde que citada a autoria, conforme licença disponível no endereço: goo.gl/Z3KsyD – Acesso em 20 de outubro de 2015

Existe “algo” que se conserva nos movimentos?

Para início de conversa

Agora trataremos de uma ideia que é muito importante para a física, a conservação e, em decorrência, um princípio de conservação. Pense nessa palavra “CONSERVAÇÃO”, o que lhe vem à mente?

- Relate sua concepção.
- Procure no dicionário o que significa a palavra “conservação” ou “conservar”. Após a pesquisa, relate o significado.

Atividade Experimental

Assista ao vídeo “Brincando com o pêndulo de Newton” disponível na rede web²⁴. O pêndulo de Newton é um dispositivo que recebe o nome do físico Isaac Newton por demonstrar empiricamente princípios e leis físicas estudadas e demonstradas por Newton. O autor do experimento demonstra sete atividades diferentes que podem ser feitas utilizando o mesmo pêndulo. Discuta com seu professor o que acontece em cada situação.

Figura 23: Pendulo de Newton.

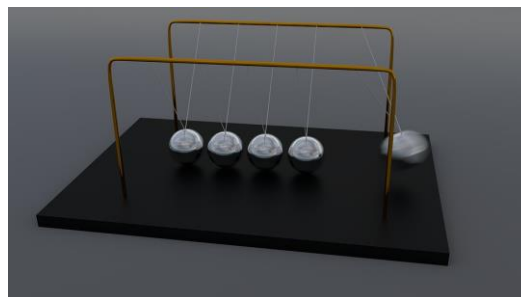


Imagem em domínio público. Disponível em: goo.gl/EvBy7O – Acesso 10 out. 2016.

Mas qual a relação entre conservação e movimento?

Para buscar evidências que contribuam para a resposta dessa pergunta, leia o texto a seguir, que foi produzido pelo GREF²⁵. O texto aborda os movimentos transmitidos em diferentes meios e analisa separadamente o movimento das “coisas” que possuem algum meio próprio de se mover, como motores e pernas e coisas que dependem de um impulso de algum outro objeto para obter movimento.

²⁴

Disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=tG65CGR1adU>

²⁵

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – disponível no endereço: www.if.usp.br/gref

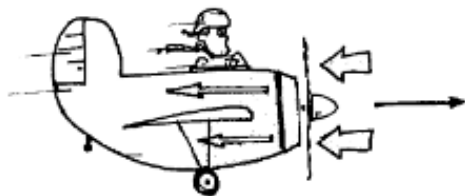
Coisas que parecem se mover sozinhas ...

Coisas que voam

Se você perguntar a qualquer um o que faz um avião voar, a primeira resposta provavelmente será "as asas". É uma resposta correta, mas não é uma resposta completa. Para que as asas de um avião possam sustentá-lo no ar, é preciso que ele atinja uma certa velocidade inicial, e que se mantenha em movimento no mínimo com essa velocidade.

Para que essa velocidade seja atingida é que são empregados os motores a jato ou então as hélices. Tanto as hélices quanto os jatos têm a função de estabelecer uma forte corrente de ar para trás, que faz com que a aeronave seja empurrada para frente.

Batendo as asas, os pássaros também empurram ar para trás e para baixo, e conseguem se locomover no ar. No espaço, onde não há ar para ser "empurrado", a locomoção pode ser feita com foguetes, que expõem gases a altíssima velocidade.



As hélices "jogam" o ar para trás, impulsionando o avião.

Coisas que "nadam"

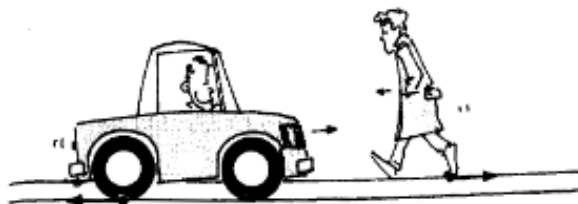
A locomoção sobre a água também exige "empurrar" algo para trás. Em geral, esse "algo" é a própria água, que pode ser empurrada por uma hélice, por um remo ou jato de *jet-ski*.

A natação também exige que se empurre água para trás. Isso é feito com o movimento de braços e pernas. Sob a água peixes e outros animais marítimos também empurram a água usando suas nadadeiras.

Coisas que "andam"

Os movimentos sobre a Terra também obedecem o mesmo princípio. Embora não seja muito visível, a locomoção de um automóvel ou de uma pessoa se dá a partir de um impulso para trás dado pelas rodas ou pelos pés.

Portanto, mesmo contando com motores, pernas, nadadeiras ou asas, os veículos e os animais precisam de algo para empurrarem para trás para conseguirem sua locomoção. Esse "algo" pode ser o ar, a água ou até mesmo o próprio solo sobre o qual eles se movimentam.

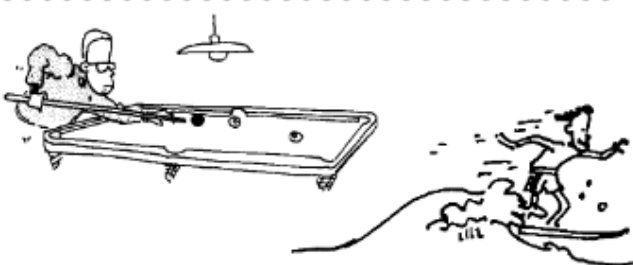


Coisas que realmente parecem não se mover sozinhas

Pois é. Parece que para se mover, um objeto sempre depende de outro. Mas há situações nas quais isso fica ainda mais evidente: uma bola de futebol não se move sozinha: seu movimento depende do chute pelo jogador. Da mesma forma, um barco a vela depende do vento para obter movimento.

Em ambos os casos, um movimento que já existia anteriormente (no pé e no vento) parece estar sendo parcialmente transmitido para um outro corpo (a bola e o barco).

Essa transmissão de movimento é mais visível em um jogo de bilhar ou sinuca, quando uma bola, ao atingir outra "em cheio", perde boa parte de seu movimento, enquanto a bola atingida passa a se mover. Parece que o movimento que estava na primeira bola foi transferido para a segunda.



O mesmo acontece quando uma onda atinge uma prancha de surf, cedendo a ela parte de seu movimento, dando ao *brother* a devida diversão.

Em todos esses exemplos, um corpo sem motor ou alguma outra fonte de propulsão própria, obtém seu movimento de um outro que já se movia antes, retirando-lhe parte de seu movimento.

Mas do que depende essa quantidade de movimento?



Fonte: Imagem em domínio público, disponível em: goo.gl/D1qRve – Acesso em 12 set. 2016.

Imagine que você está em uma pista de patinação e percebe que um adulto e uma criança estão vindo de encontro a você, com a mesma velocidade. Não vai ser possível escapar dos dois. Você terá que escolher se foge do adulto e tromba com a criança ou vice-versa. Qual das colisões causaria maior estrago?

Certamente, o choque com o adulto provocaria maiores lesões. Ele tem mais massa do que a criança, ou seja, há alguma coisa a mais no movimento dele. Por isso, pará-lo exigiria maior esforço. Esse exemplo nos permite perceber que, além da velocidade, a massa também é importante para determinar a quantidade de movimento de um objeto.

(Texto adaptado de: TOSCANO, 2010, Vol.1, p. 42)

Mas como medir essa grandeza?

Fisicamente, a quantidade de movimento (Q) de um objeto, em cada instante, corresponde ao produto da sua massa (m) pela velocidade (v). Assim:

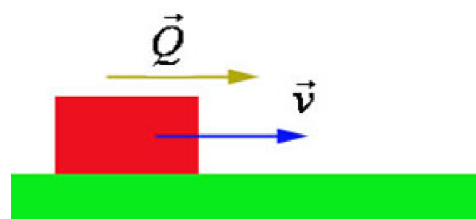
$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Dessa maneira, como a velocidade, a quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, ou seja, depende do valor numérico, direção e sentido.

É importante destacar que a direção e o sentido da quantidade de movimento são os mesmos da velocidade, conforme figura anterior.

A unidade de quantidade de movimento resulta do produto de massa pela unidade de velocidade; ou seja, no SI a quantidade de movimento é expressa em kg.m/s.

Figura 25 - A Quantidade de movimento e a velocidade terão a mesma direção e sentido.



Fonte: O autor.

Aprofundando o assunto

Resolva em
seu caderno

1. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão pesado em repouso ou um skate em movimento? Justifique.
2. Qual dos seguintes objetos tem maior quantidade de movimento: um caminhão a 60 km/h ou uma moto a 60 km/h? Justifique.
3. Qual a quantidade de movimento de um patinador de gelo de 50 kg que desliza sobre uma pista de gelo a 2 m/s?

Em busca de um princípio...

Você deve ter percebido que alguma “coisa” se conserva no experimento do vídeo e em outras situações do cotidiano aqui apresentadas.

A ideia de conservação é realmente muito importante para a Física. René Descartes, filósofo do século XVII, foi quem primeiro a empregou para o estudo do movimento. Segundo ele, Deus teria criado no Universo uma quantidade certa de repouso e movimento que permaneceriam eternamente imutáveis. Embora a física atual não utilize ideias religiosas, a noção de conservação de movimento presentes em Descartes ainda continua válida.

Ou seja, se um corpo perde seu movimento, um outro corpo deve receber esse movimento, de modo que a quantidade de movimento total se mantém sempre a mesma.

Figura 26 - René Descartes.

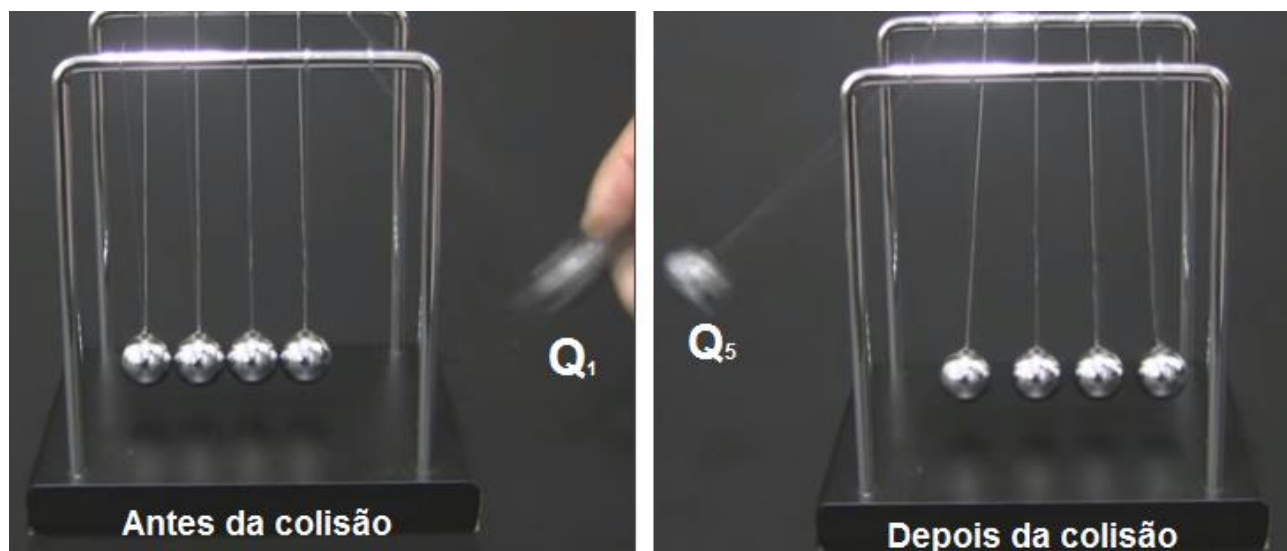


<https://commons.wikimedia.org> – Acesso em 20 de outubro de 2015.

(Adaptado de: USP/GREF-Instituto de Física, 1998, p. 14)

Princípio da Conservação da Quantidade de movimento

Como vimos no texto que acabamos de ler, a quantidade de movimento total de um sistema se conserva antes e após a interação. Para entender melhor tudo isso, vamos analisar o choque entre as bolinhas do pêndulo de Newton:



⏟
⏟
ANTES
DEPOIS

$$Q_{\text{pêndulo de Newton}} = Q_{\text{pêndulo de Newton}}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 + \dots m_5.v_5 = m_1.v_1 + m_2.v_2 + \dots m_5.v_5$$

Na situação acima, quando levantamos apenas uma bolinha e a soltamos, sua quantidade de movimento (ou *momentum*) são transferidos integralmente até a última esfera que obtém a mesma quantidade de movimento da esfera inicial. Isso quer dizer que se somássemos a quantidade de movimento das bolinhas antes e depois da colisão, obteríamos o mesmo resultado.

Entretanto, a quantidade de movimento de um sistema de corpos interagentes em determinado instante se conserva, desde que ele seja um sistema isolado. Chamamos de sistema isolado o sistema em que a ação de forças externas (fatores externos: atrito, possível deformação da bolinha etc.) são desprezadas, ou ainda, quando possuem intensidades muito pequenas quando comparadas com a força de interação entre os corpos.

Afinal de contas, existe um sistema mecânico perfeitamente isolado?

Debata com seu professor essa ideia.

Aprofundando o assunto

*Resolva em
seu caderno*

1. Um pequeno trator²⁶ de 4 toneladas estava se deslocando em uma estrada quando, repentinamente, colidiu frontalmente em um automóvel de 900 kg e a 80 km/h que trafegava na contramão. Sabendo que as velocidades dos dois veículos após o choque são nulas, determine a velocidade do trator imediatamente antes do choque.
2. Uma pessoa de massa 60 kg se movimenta a 4 m/s e salta sobre um carrinho de massa 15 kg, inicialmente em repouso. Desprezando o atrito das rodas do carrinho, qual seria a velocidade final do conjunto?

Atividade computacional

A atividade seguinte será uma simulação apresentada pelo professor e está disponível na rede web²⁷. Nesse simulador você poderá analisar a colisão entre patinadores. O choque entre eles poderá nos ajudar a compreender melhor o Princípio da Conservação da quantidade de movimento. Descreva o que acontece em cada uma das situações apresentadas:

Figura 27 – Atividade computacional envolvendo o “Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento”.



Fonte da imagem: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

²⁶ Questão extraída de: Física, 1º Ano: Ensino Médio – 1ª Ed. **Coleção quanta física** – Vol.1, pg. 70. São Paulo: Editora PD, 2010

²⁷ Disponível no endereço: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2497/open/file/atividade4.htm?sequence=5&ventSource=2>

1ª SITUAÇÃO:**PATINADORES EMPURRAM-SE MUTUAMENTE NO CENTRO DE UMA PISTA DE PATINAÇÃO AO GELO**

- a) Rafa ($m = 50 \text{ kg}$) e Artur ($m=50 \text{ kg}$), inicialmente parados, se empurram mutuamente no centro da pista. Após a interação, responda:

I. Houve deslocamento de Rafa e Artur? Se sim, em que direção e sentido?

.....

Figura 28 - Rafa e Artur se empurram mutuamente no centro de uma pista de patinação ao gelo.



Fonte da imagem:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Qual o valor da velocidade final do Artur se a velocidade final da Rafa for de 2 m/s ? Lembre-se que pelo Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento:

$$\begin{array}{cc} \text{ANTES} & \text{DEPOIS} \\ Q_{\text{Artur}} + Q_{\text{Rafa}} = & Q_{\text{Artur}} + Q_{\text{Ana}} \end{array}$$

.....

- b) Tiago ($m = 75 \text{ kg}$) e Rafa ($m = 50 \text{ kg}$), inicialmente parados em uma pista de patinação muito lisa, empurram-se mutuamente no centro da pista.

I. Houve deslocamento de Rafa e Tiago? Se sim, em que direção e sentido?

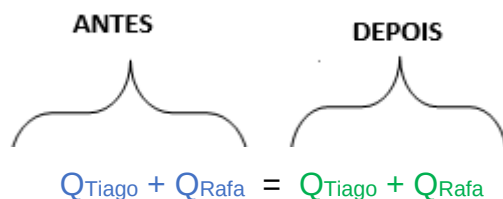
.....

Figura 29 - Rafa e Tiago se empurram mutuamente no centro de uma pista de patinação ao gelo.



Fonte da imagem:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

- II. Na interação de Tiago com a Rafa, qual a velocidade final da Rafa se a de Tiago foi de 1,5 m/s?



.....

.....

.....

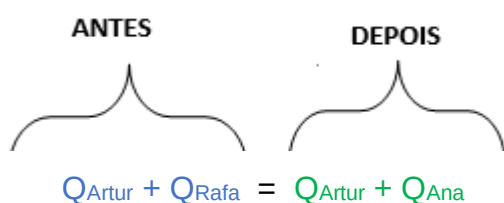
.....

.....

2ª SITUAÇÃO:

PATINADORES EM MOVIMENTO QUE COLIDEM FRONTALMENTE NO CENTRO DA PISTA

- c) Rafa (m=50 kg) e Artur (m=50 kg) colidem no centro da pista com a mesma velocidade. Se os dois ficaram parados após a colisão, qual a velocidade inicial da Rafa, se o Artur tinha velocidade de 3m/s?



.....

.....

.....

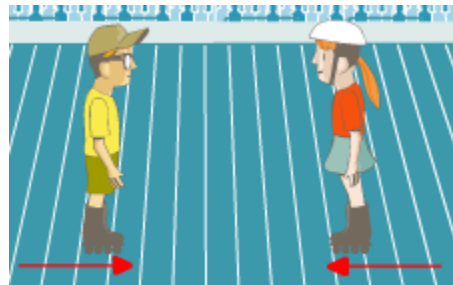
- d) Rafa (m= 50 kg) e Artur (m=50 kg) colidem no centro da pista com velocidades diferentes. Após a interação:

- I. Por que o dois não ficaram parados?

.....

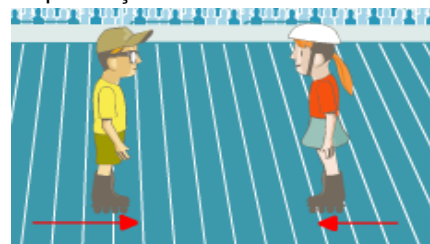
.....

Figura 30 - Rafa e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

Figura 31 - Rafa e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

II. Quem tinha maior velocidade antes da colisão?

Justifique.

.....

.....

e) Artur ($m = 50 \text{ kg}$) e Tiago ($m = 75 \text{ kg}$) colidem no centro da pista com velocidades iguais. Após a interação:

I. Por que os dois não ficaram parados?

II. Quem tinha maior quantidade de movimento antes da colisão? Justifique.

.....

.....

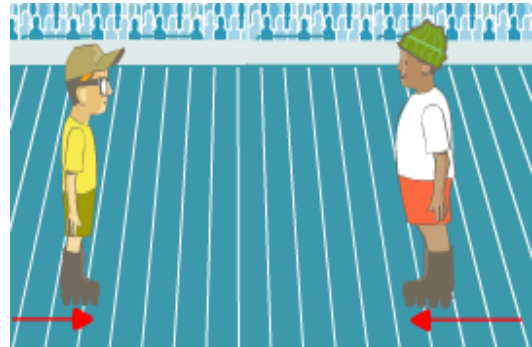
.....

.....

.....

.....

Figura 32 - Tiago e Artur colidem frontalmente no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

III. Para os dois ficarem parados após a colisão, qual deve ser a velocidade de Artur, se Tiago colide com ele a 4 m/s ?

.....

.....

.....

3ª SITUAÇÃO:**PATINADOR QUE COLIDE FRONTALMENTE COM OUTRO PATINADOR PARADO NO CENTRO DA PISTA**

f) Artur ($m = 50 \text{ kg}$) colide frontalmente com a Rafa ($m = 50 \text{ kg}$) que estava parada. A que velocidade Artur colidiu com a Rafa, se os dois, após a colisão, saíram a 1 m/s ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

g) Tiago ($m = 75 \text{ kg}$) colide frontalmente com o Artur ($m = 50 \text{ kg}$) que estava parado. Qual a velocidade final do Artur e Tiago, se Tiago, inicialmente, colidiu a 3 m/s ?

.....

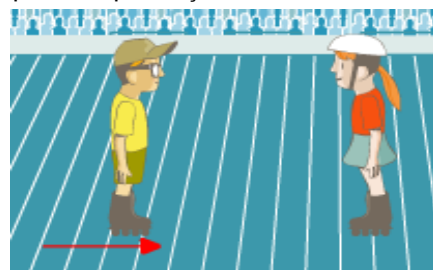
.....

.....

.....

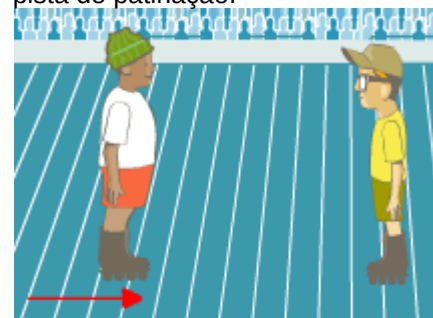
.....

Figura 33 - Artur colide frontalmente com a Rafa que estava parada no centro de uma pista de patinação



Fonte da imagem: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

Figura 34 - Tiago colide frontalmente com o Artur que estava parado no centro de uma pista de patinação.



Fonte da imagem: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> – Acesso em 21 de outubro de 2015

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Sugere-se a realização das atividades 1, 2, 3, 4 e 5 contidas na seção “exercícios propostos” anexo a esta unidade didática.

Siga as orientações do seu professor.

Debate: Limites do modelo da Mecânica Newtoniana

Com ajuda do seu professor e colegas, discuta e responda as seguintes situações:

1. Na simulação computacional com os patinadores, consideramos a quantidade de movimento constante, pois desprezamos alguns fatores (ou forças externas). Cite algum fator (força externa) que interfere na velocidade dos patinadores?

.....
.....

2. Matematicamente, como poderíamos determinar a variação da quantidade de movimento.

.....
.....

3. Conceitualmente, defina Impulso.

.....
.....

4. A Segunda Lei de Newton define força como a variação da quantidade de movimento em função do tempo. Como podemos apresentar matematicamente esta relação?

.....
.....

5. Para a Mecânica Clássica, a posição e a quantidade de movimento de uma partícula definem o seu movimento com relativa precisão. Entretanto, em certas condições isso pode não funcionar. Quais os limites da Teoria Newtoniana?

.....
.....
.....
.....

6. Na Mecânica Quântica é possível determinar simultaneamente com precisão a posição e velocidade de uma partícula em escala microscópica?

.....
.....
.....
.....

Atividade Experimental

Agora que sabemos o que representa, os fatores que a constituem e como calcular a quantidade de movimento, podemos realizar algumas atividades experimentais sobre o assunto. Em grupos, realize uma pesquisa em livros didáticos ou em sítios da internet sobre atividades experimentais relacionadas ao princípio da conservação da quantidade de movimento. Após a pesquisa, construam o experimento e apresentem para a turma. Qualquer dúvida peça ajuda ao seu professor.

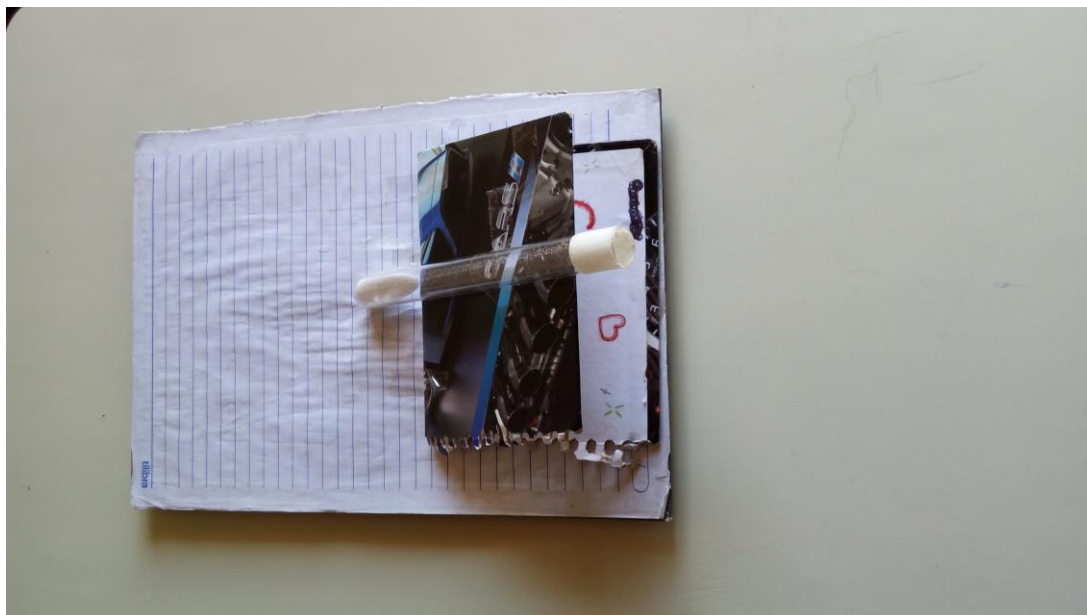
Figura 35 - Fotos de alguns experimentos pesquisados, construídos e apresentados pelos estudantes relacionados à conservação da quantidade de movimento. (a) canhão de borrachinha; (b) balão-foguete; (c) canhão de sal de frutas.



(a)



(b)



(c)

Fonte das fotografias: O autor.

Referências

DO CARMO, Alex Bellucco. Ensinando quantidade de movimento: como conciliar o tempo restrito com as atividades de ensino investigativas na sala de aula?. Revista Ciência em Tela, v.5, nº1, 2012

USP/GREF-Instituto de Física. Conservação dos movimentos. In: **Leituras de Física, GREF: mecânica para ler, fazer, pensar**. São Paulo: USP, junho de 1998, versão preliminar, p. 14. Disponível no Endereço eletrônico: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br> – Acesso em 20 de outubro de 2015

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física: ensino médio**/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

MENDES, Mariane. Pêndulo de Newton no Ensino de Mecânica, [201-?]. Disponível em < <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/pendulo-newton-no-ensino-mecanica.htm> > Acesso em 09 de fevereiro de 2016

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ, SEED. Caderno de Expectativas aprendizagem (Departamento de Educação Básica). 2012.

PARANÁ/SEED. Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

KANTOR, Carlos, *et al.* Coleção **Quanta Física**. v.1, 1ª ed. São Paulo: Editora PD, 2010.

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. Física e Realidade, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

ANEXO DA UNIDADE DIDÁTICA IV - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h? Justifique.
2. O que significa dizer que o momentum (ou qualquer grandeza) é conservado?
3. Qual é o momentum de um caixote de 50 kg que desliza sobre uma superfície de gelo a 4 m/s?
4. Num trecho plano, um automóvel de massa 950 kg foi freado, e sua velocidade passou de **10 m/s** para **zero**. Determine:
 - a) o valor da quantidade de movimento no início da freada.
 - b) o valor da quantidade de movimento no final da freada.
 - c) a variação da quantidade de movimento (ΔQ) nesse trecho.
5. Um homem de 70 kg e um menino de 35 kg, ambos usando patins, estão parados um diante do outro. Com um empurrão, o menino imprime no homem uma velocidade de 0,40 m/s e os dois se afastam. Qual é o valor da velocidade do menino depois do empurrão?

APÊNDICE J – Produto Educacional II: Manual do Professor

MANUAL DO PROFESSOR

Leandro Antonio dos Santos
Antonio Sergio Magalhães de Castro

Produto educacional: Manual do Professor. Material associado à dissertação de mestrado de Leandro Antonio dos Santos, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa
Agosto de 2016

MANUAL DO PROFESSOR

Produto Educacional – Parte II

Público-alvo: Professores

Elaborado por:
Leandro Antonio dos Santos

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro

Conteúdo Estruturante:
Movimento

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)
Polo 35 – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	183
OBJETIVOS DO PRODUTO EDUCACIONAL DESTINADO AOS ESTUDANTES	184
ESTRUTURA DAS UNIDADES DIDÁTICAS	186
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	190
UNIDADE 1 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE	191
TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	195
RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	197
UNIDADE 2 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE	199
RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	203
UNIDADE 3 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE	205
TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	209
RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	211
UNIDADE 4 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE	212
TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	217
RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS	220
REFERÊNCIAS	221

APRESENTAÇÃO

Este manual é destinado aos professores de Física do Ensino Médio, visando apresentar aspectos teóricos e metodológicos que viabilizem a aplicação do produto educacional destinado aos estudantes.

Além dos objetivos principais que motivaram a elaboração do produto educacional, o manual apresenta uma descrição da estrutura das unidades didáticas, as expectativas de aprendizagem, as finalidades e as sugestões de trabalho em classe, um tutorial para utilização das simulações computacionais e as respostas dos exercícios propostos aos estudantes.

A primeira parte do produto educacional, destinado aos estudantes de primeiro ano de Ensino Médio, foi implementado no segundo semestre do ano letivo 2015, para duas turmas do primeiro ano de Ensino Médio, do Colégio Estadual José Marcondes Sobrinho, em Laranjeiras do Sul, Estado do Paraná.

A efetiva aplicação da proposta com os estudantes, a fundamentação teórica e metodológica resultante do curso das disciplinas de mestrado, o diálogo constante com o orientador, a elaboração da tese de dissertação, as conversas e as sugestões dos professores que contribuíram na leitura crítica deste material, foram fundamentais e resultaram neste trabalho.

Visamos ainda com o manual do professor divulgar o produto educacional, para que possa ser utilizado também em outros espaços, pelo professor e outros colegas educadores, se assim o desejarem, adaptando-o à realidade de seus ambientes de trabalho e público-alvo.

Laranjeiras do Sul, agosto de 2016.

Prof. Leandro Antonio dos Santos²⁸

Prof. Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro²⁹

²⁸

Autor

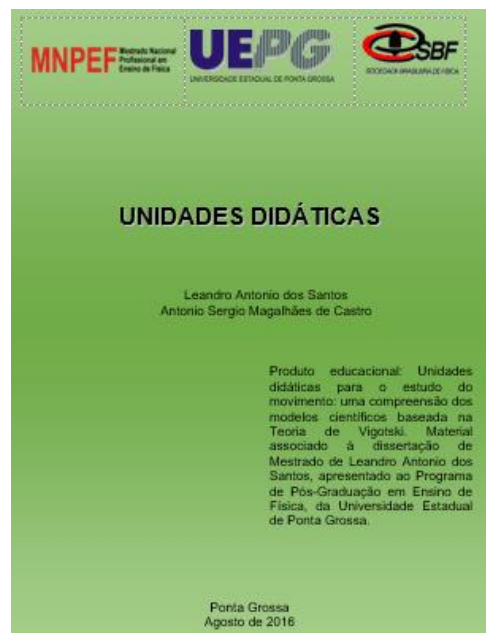
²⁹

Orientador

OBJETIVOS DO PRODUTO EDUCACIONAL DESTINADO AOS ESTUDANTES

O produto educacional destinado aos estudantes é derivado do meu trabalho de dissertação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, intitulado "A elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento", realizada sob orientação da Prof. Dr. Antonio Sergio Magalhães de Castro, e apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, do Departamento de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 26 de agosto de 2016.

Figura 1 – Capa do produto educacional destinado aos estudantes.



Fonte: O autor.

Defende-se, neste trabalho, que é preciso superar a ideia de que a repetição de exercícios e a solução de problemas numéricos, por si só, conduzem à aprendizagem significativa. Acredita-se que uma melhor compreensão dos conteúdos é alcançada quando se privilegia a discussão conceitual dos modelos científicos, imprescindíveis para a descrição dos fenômenos físicos.

Por isso entendemos que as atividades experimentais e computacionais são essenciais, desde que acompanhem a sequência lógica dos conteúdos, com uma estratégia de integração à teoria, motivando o diálogo em sala de aula, apoiando a discussão conceitual, possibilitando ao professor ser o mediador entre o conhecimento que os estudantes já possuem e o conhecimento científico a ser adquirido.

Nesse sentido, o objetivo principal do produto educacional destinado aos estudantes é conduzi-los a compreenderem o papel dos modelos científicos para a estruturação do conhecimento dos conceitos físicos, formalizando os modelos conceituais, mas também discutindo pontos cruciais da modelagem científica, como as *idealizações e aproximações*, confrontando teoria e realidade.

Cada seção do produto educacional foi chamada de unidade didática, desenvolvidas à luz da Teoria Sociocultural de Vigotski, que privilegiam a interação entre

os estudantes e entre os estudantes e o professor, possibilitando aos estudantes elaborar, internalizar e compartilhar significados sobre os conteúdos abordados.

Diante disso, visando integrar as atividades experimentais e computacionais às atividades teóricas, propomos atividades de pesquisa, de debate, de textos, de vídeos, de exercícios e de problemas que possibilitam uma abordagem conceitual, o que não implica necessariamente, excluir o tratamento matemático quantitativo.

A intenção principal é superar práticas ineficazes que conduzem a aplicação de atividades experimentais e computacionais isoladas, que sirvam apenas para reproduzir fenômenos ou comprovar valores numéricos.

ESTRUTURA DAS UNIDADES DIDÁTICAS

Tendo recorrido sobre os objetivos pedagógicos que nortearam o planejamento da obra, apresentamos agora as seções que constituem as unidades didáticas do produto educacional destinado aos estudantes.

Buscamos utilizar em cada unidade didática uma linguagem simples e clara, apresentando textos, vídeos, imagens e atividades pensadas sob a ótica do estudante do Ensino Médio.

No início da cada unidade didática apresenta-se uma:

Tabela 12 - Estrutura das unidades didáticas

Abertura	Os inícios das unidades didáticas apresentam uma imagem que melhor representa a unidade, que logicamente visa também chamar a atenção dos leitores para o assunto. É na abertura que é apresentado o problema da unidade a fim de promover o diálogo com os estudantes.
Para início de conversa	Esta seção é composta de um texto introdutório relacionado ao problema da unidade. Visa instigar os estudantes a buscar melhores respostas e argumentos.
Debate	Nesta seção, propomos questões norteando os estudantes a exporem seus pontos de vista ou suas estratégias para resolverem as questões. O professor não é detentor de todo o conhecimento e deve considerar o estudante como um personagem ativo e fundamental, que pode e deve refletir, questionar, argumentar e contribuir para o conhecimento de todos, compartilhando suas concepções. Por essa razão, em inúmeros momentos das unidades didáticas, os estudantes são convidados a exporem seus pontos de vista ou suas estratégias para resolverem determinada questão.

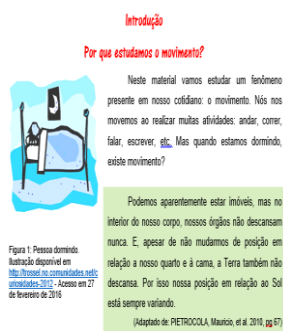
Aprofundando o assunto	Neste tipo de atividade propomos questões mais complexas que exigem pesquisa ou a ajuda do professor para serem resolvidas. Cabe ao professor ser o mediador entre o conhecimento prévio dos estudantes e o conhecimento científico estabelecido. A interação do estudante com o meio social permite que ele desenvolva suas concepções sobre os fenômenos físicos e as traz para escola. Essa opção baseia-se também em uma indicação da teoria pedagógica de Vigotski, o conceito de <i>zona de desenvolvimento imediato</i> ou <i>proximal</i>.
Pesquisa	Um dos pressupostos adotados na elaboração das unidades didáticas foi propor atividades que valorizem a pesquisa nos mais diferentes meios (rede web, livros, revistas etc.) e consequentemente sua divulgação em sala de aula. É fundamental considerar que a escola não é a única forma de acesso ao conhecimento sistematizado, que hoje está disponível em diversos lugares: “nos livros nas bibliotecas, videotecas, universidades, institutos de pesquisa, escola, computadores, banco de dados tornando-se, sob o peso da informática e da instrumentação eletrônica em geral, cada vez mais acessível” (DEMO, 2003, p. 27).
Atividade Computacional	Neste tipo de atividade, propomos o acesso e a realização de simulações computacionais que podem ser realizadas individualmente, em grupos ou demonstradas pelo professor com o projetor de slides (situação mais indicada quando o laboratório de informática apresentar problemas de hardware, software e/ou conexão). Em todas as atividades computacionais existem questões a serem respondidas pelos estudantes. O diferencial é que são atividades integradas às atividades teóricas e experimentais. Os simuladores e as animações computacionais estão cada vez

	mais presentes no âmbito escolar em virtude do grande avanço das tecnologias educacionais e a difusão cada vez mais abrangente delas em diversas classes sociais. Paraná (2009) ressalta o papel das animações computacionais no ensino: Os computadores podem ser utilizados para se fazer animações, ou seja, representações dos movimentos que, nos livros didáticos, são representados por figuras estáticas, em apenas duas dimensões, o que pode tornar o fenômeno incompreensível para os estudantes (PARANÁ, 2008, p.78) As simulações computacionais também são importantes para o ensino, pois permitem uma interatividade entre o estudante e a máquina que podem aproximá-lo do fenômeno estudado. Ao interagir com uma representação virtual de um experimento, ele interage diretamente com o modelo científico, altera parâmetros, visualiza limitações e ainda relaciona com o que observou na atividade experimental.
Atividade Experimental	Presente em todas as unidades, trata-se de procedimentos experimentais com materiais simples e de baixo custo que devem ser realizados em sala de aula, em grupos, ou demonstrados pelo professor. Em todas as atividades experimentais existem questões para serem respondidas pelos estudantes e/ou debatidas com o professor. Visando situar a Teoria de Vigotski no contexto das atividades experimentais, utilizou-se os argumentos de Gaspar (2011) que, interpretando Vigotski, chama a atenção para o papel do professor durante o desenvolvimento das atividades experimentais. Para essa teoria, o aluno não aprende diretamente da realização da atividade experimental, mas das interações sociais por ela desencadeadas, sob a orientação do professor, que conduz os seus

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

- 1) Neste material são apresentadas algumas possibilidades de abordagem dentro do estudo de movimentos. Não foi possível, neste produto educacional, tratar de todas as possibilidades, nem era objetivo fazê-lo.
- 2) Este material não substitui o livro didático disponibilizado aos estudantes, mas pode auxiliar e complementar substancialmente a discussão de muitos assuntos.
- 3) As unidades aqui propostas não precisam ser abordadas em sequência. Cabe ao professor determinar, em seu plano de trabalho docente, o momento que julgar ideal para aplicar uma ou outra unidade, ou mesmo uma ou outra atividade presente nas unidades.
- 4) A Teoria Sociointeracionista de Vigotski é a teoria psicológica de aprendizagem que norteou a elaboração do material dos estudantes e deste manual.
- 5) Este produto educacional é derivado de um trabalho de dissertação de mestrado. Dessa forma, todo embasamento teórico e metodológico que culminou neste trabalho estão contidos na dissertação que também deve ser consultada .
- 6) Além do suporte teórico-metodológico disponibilizado neste manual, elaboramos um tutorial técnico para desenvolvimento das atividades computacionais.
- 7) Consultar antecipadamente o administrador local do laboratório de informática do seu colégio para verificar as condições de funcionamento dos computadores. Observar se as simulações rodam quando há o acesso simultâneo à rede.

Figura 2 – “Print” do texto inicial.



Fonte: O autor.

TEXTO DA INTRODUÇÃO: “POR QUE ESTUDAMOS O MOVIMENTO?”

O texto da introdução “Afinal, o que é movimento?” visa discutir os conceitos de movimento, repouso como dependentes de um referencial. Além disso, apresenta-se resumidamente os assuntos que serão abordados em cada unidade didática.

Figura 3 – Imagem da capa de abertura da unidade 1.



Fonte: O autor.

UNIDADE 1 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE

Conteúdo Estruturante: Movimento

Previsão de aulas: 5 (cinco)

Expectativas de aprendizagem:

Espera-se que, ao final desta unidade, o estudante possa:

- Reconhecer que repouso e movimento dependem do referencial adotado;
- Definir grandezas vetoriais e escalares;
- Conceituar velocidade escalar média como conceito provisório;
- Compreender e aplicar com razoabilidade o modelo de ponto material no estudo do movimento;
- Identificar ponto material e corpo extenso;
- Conceituar e calcular velocidade média como uma grandeza de caráter vetorial;

Tabela 13: Descrição das finalidades e sugestões de trabalho em classe:

SEÇÃO	FINALIDADES E SUGESTÕES DE TRABALHO EM CLASSE
Abertura Página 127	O objetivo da imagem e da problematização é motivar os estudantes para o estudo da velocidade, pois, ao tratar de um evento esportivo é quase certo de que se está trabalhando um assunto presente nas

	conversas e discussões diárias entre os estudantes. Conforme destaca Anjos (2015), a base de toda observação física está justamente em se verificar a mudança de posição ao longo do tempo, seja de um corpo ou de um sistema de corpos.
Para início de conversa Página 128	Para iniciar o assunto propomos como estratégia chamar a atenção da turma para a performance de Usain Bolt. Neste momento, os estudantes são incentivados a elaborar um mapa mental sobre o conceito de velocidade. No mapa mental o estudante tem a total liberdade para fazer associação entre os conhecimentos, suas representações, suas cognições, a partir de uma palavra-chave ou imagem. Recolha os mapas mentais dos estudantes, pois tais instrumentos poderão subsidiar suas próximas abordagens com o assunto.
Pesquisa Página 128	Visa discutir alguns conceitos ou relembrar – caso tenham sido abordados em aulas anteriores – pois esses são considerados pré-requisitos para compreensão do conceito físico de velocidade.
Texto “O espaço percorrido e a velocidade escalar” Página 129	A finalidade desta discussão é apresentar o conceito “provisório” de velocidade escalar. Muito embora este conceito não trate a velocidade como uma grandeza vetorial, é importante discuti-lo, pois é o conceito que a maioria dos estudantes trazem consigo, ou seja, é essencial conciliar o conhecimento cotidiano com o conhecimento físico. Na física, só há interesse pelo caráter vetorial dessas grandezas.
Aprofundando o assunto Página 130	Apresenta uma questão para que o professor construa com os estudantes uma regra para transformar velocidades de m/s para km/h e vice-versa. A segunda questão é um problema que exige a aplicação da regra para transformar velocidade.
Atividade Computacional Página 131	Nesta atividade os estudantes visualizarão duas animações em que terão que determinar a velocidade escalar média em cada situação. O objetivo educacional geral do software é permitir que o estudante contextualize, caracterize e construa o conceito de velocidade média,

	variação de posição e variação do tempo para um determinado objeto, por via investigativa realizada por meio de um espaço virtual e da abordagem de conceitos relacionados ao tema, tais como: relação entre velocidade e tempo, posição e tempo. Durante o processo, o professor ressaltará aos estudantes a importância de inicialmente retirar os dados do experimento em cada situação, tais como, posição final (S_F) e posição inicial (S_i), o intervalo de tempo indicado no cronômetro (Δt), para, então, substituir os dados na equação matemática: $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ Destacar aos estudantes que esses procedimentos de organização das informações facilitam a resolução das questões propostas na animação e outras também. Segundo Larcher (1996), citado por Pietrocola (p.39, 2005), a modelização deve ser sempre norteada por uma questão: então, a primeira condição a ser satisfeita pela atividade de modelização é fornecer uma resposta para questão que a originou.
Debate Página 132	- A primeira questão tem por objetivo proporcionar uma discussão sobre a aplicabilidade do modelo do ponto material para cálculo da velocidade escalar média. - A segunda questão possibilita uma discussão conceitual sobre o modelo de ponto material e sua validade. Para um maior aprofundamento sugerimos a leitura do artigo: VEIT, Eliane; ARAUJO, Ives; BRANDÃO, Rafael. Modelos Científicos e Fenômenos Físicos. <i>Revista Física na Escola</i>. v. 9, n. 1, 2008. Disponível na rede web no endereço: http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/modelagem.pdf
Texto “Velocidade	Apresentar o conceito físico de velocidade média, ou seja, discuti-la como um vetor. O mais importante é deixar bem clara a diferença de

média” Página 133	espaço percorrido e deslocamento (em alguns livros didáticos são entendidos como sinônimos) e velocidade escalar média e velocidade vetorial média (que pode ser simplesmente chamada de velocidade média, pois fisicamente velocidade é um vetor).
Atividade Experimental Página 133 e 134	Envolve a realização de duas atividades experimentais que tratam respectivamente sobre velocidade escalar média e velocidade vetorial média. São propostas cinco questões nesta seção: - Para resolver a primeira questão, os estudantes em sala de aula – ou na quadra esportiva do colégio se o professor achar melhor - deverão medir o espaço percorrido por um colega e o tempo gasto no trajeto para determinar a velocidade escalar média. - Para resolver a segunda questão, eles irão medir o deslocamento vetorial do aviãozinho de papel e dividirão pelo tempo gasto para determinar a velocidade vetorial média – ou simplesmente velocidade média – caso haja tempo disponível, recomenda-se realizar isso algumas vezes para obter uma média de velocidades. A bússola é necessária para indicar a direção e sentido dos voos. - Na terceira questão os estudantes preencherão a tabela com os valores encontrados. - A quarta questão tem intenção de propor que os estudantes expliquem as diferenças de procedimento para a determinação da velocidade escalar e vetorial média. - E, por fim, a última questão tem a finalidade de advertir os estudantes que fazer uma média de velocidades, como na atividade do aviãozinho de papel, não significa o mesmo que determinar velocidade média.
Referências Página 135	São indicados livros, artigos e outros materiais que embasaram a elaboração da unidade didática e deste manual.

TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL SOBRE VELOCIDADE MÉDIA³⁰

1. Digite o seguinte endereço na página do seu navegador:

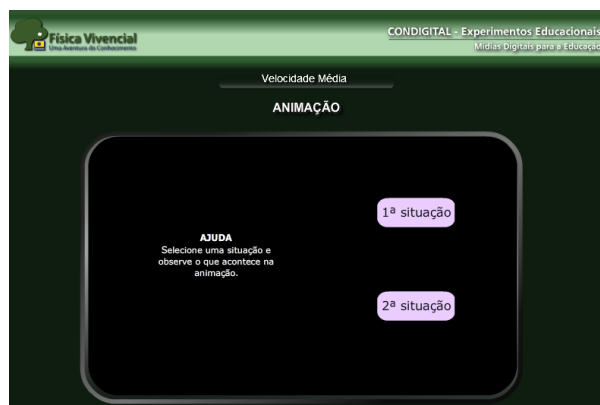
www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/default/ee/511/Executar.html



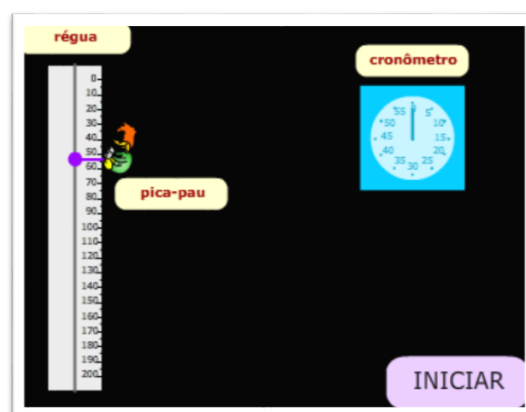
Clique no ícone



Abre a seguinte página:



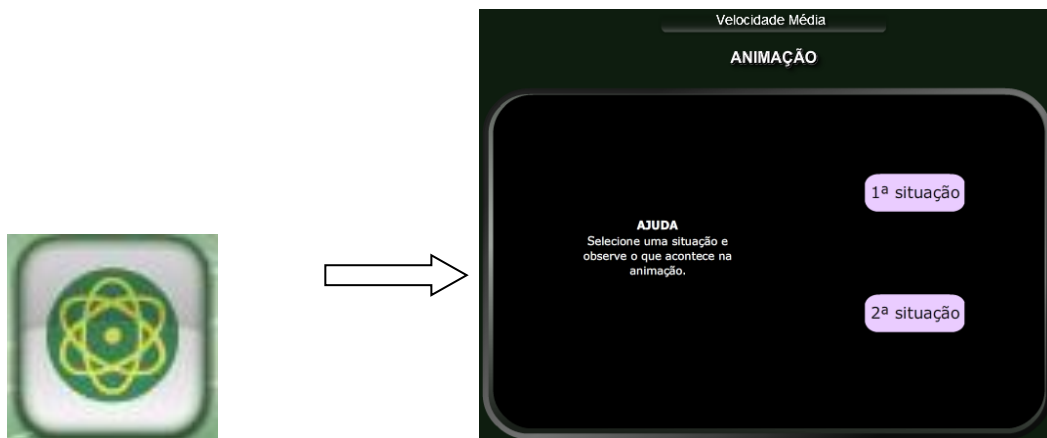
Clique em “1ª situação” - aparece a “tela” a seguir



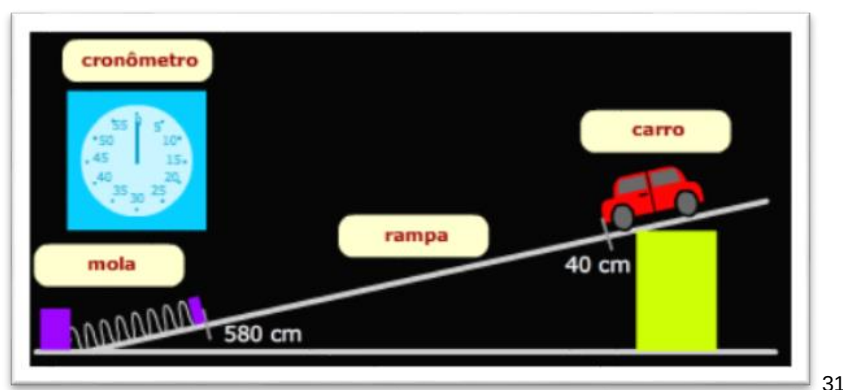
Clique em INICIAR

³⁰ Imagens disponíveis em: www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/default/ee/511/Executar.html

Ao finalizar, clique novamente no ícone animação para retornar à página inicial:



Clique em “2ª situação” -> aparece a “tela” a seguir



Clique em INICIAR

ANOTAÇÕES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

³¹ Imagem disponível em: www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/default/ee/511/Executar.html

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. a) repouso
b) movimento
2. a) repouso
b) movimento
3. Sim, pois 20 m/s equivale a 72 km/h, e o limite de velocidade é 60 km/h.
4. 30 m/s
5. 108 km/h
6. 10,31 m/s que equivale 37,15 km/h
7. 43,9 km/h foi a velocidade medida num intervalo de tempo muito pequeno, ou seja, trata-se da velocidade instantânea de Bolt em algum ponto da prova. O valor encontrado no exercício anterior é a velocidade escalar média de Usain Bolt durante todo o trajeto.
8. Não, pois 20 m/s equivale a 72 km/h, e o limite é 110 km/h.
9. $V_m = 60 \text{ km/h}$.
10. $d = 320 \text{ m}$.
11. $\Delta t = 6 \text{ s}$.
12. Quando as dimensões de um objeto não afetam o estudo, costuma-se representar o corpo como um ponto geométrico no qual toda a massa está concentrada e o qual denominamos de **ponto** material.

Exemplos:

- I. Uma borracha caindo em relação ao colégio;
- II. Um carro partindo de Curitiba a São Paulo;
- III. Uma bola de futebol em relação ao estádio do Maracanã;

13.a) força e velocidade.

14.a) 15 km//h.

b) 20 km/h.

ANOTAÇÕES:

[illegible]

UNIDADE 2 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE

Conteúdo Estruturante³²: Movimento

Previsão de aulas: 6 (seis)

Expectativas de aprendizagem:

Espera-se que, ao final desta unidade, o estudante possa:

- Entender as diferenças entre as concepções de Aristóteles e Galileu para o movimento de queda;
- Identificar e reconhecer as idealizações presentes no modelo do movimento de queda livre;
- Identificar as variáveis que interferem no tempo de queda de um corpo (o papel da resistência do ar na queda de um corpo);
- Reconhecer que um corpo em queda livre realiza um movimento idealizado como uniformemente variado, ou seja, a aceleração é constante e igual a aceleração da gravidade;
- Estabelecer relações entre posição e tempo e velocidade e tempo, em movimento de queda dos corpos;
- Relacionar o movimento de queda livre com as experiências realizadas no plano inclinado;
- Identificar o atrito como responsável pela variação de velocidade de um corpo. Por exemplo, uma esfera que rola num plano inclinado;
- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto, social, político e econômico.

Figura 4 – Imagem da capa de abertura da unidade 2.



Fonte: O autor.

Tabela 14 - Descrição das finalidades e sugestões de trabalho em classe:

SEÇÃO	FINALIDADES E SUGESTÕES DE TRABALHO
Abertura Página 139	A problematização da abertura “ <i>Como explicar a velocidade de queda da pinha do Pinheiro Araucária?</i> ”, visa identificar as concepções

³² Previsto na Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica do Paraná

	espontâneas dos estudantes contextualizando com a queda da pinha do Pinheiro Araucária, árvore símbolo do Estado do Paraná e que certamente muitos deles conhecem. Nesse momento, o professor poderá anotar a opinião deles no quadro negro, destacando que, ao final do desenvolvimento da unidade, haverá condições de responder satisfatoriamente a questão. Para a teoria vigotskiana de aprendizagem, esse procedimento durante toda a unidade possibilita ao professor identificar a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos estudantes, ou seja, a distância entre o que eles já sabem resolver sozinhos (Zona de Desenvolvimento Real) com que eles precisam e têm condições de aprender (Zona de Desenvolvimento Potencial), sob a orientação do professor ou colega mais capaz.
Para início de conversa Página 140	Deve-se discutir a tese de Aristóteles sobre o movimento de queda dos corpos. Solicitar aos estudantes fazerem a leitura do texto “ <i>O movimento natural segundo Aristóteles</i> ”, e questioná-los se estão de acordo com essa tese. Durante os relatos, é normal que os estudantes se sintam familiarizados com as ideias aristotélicas, pois essas convergem para o senso comum da maioria das pessoas. Essa concepção prévia será confrontada nas atividades seguintes.
Atividade Experimental Página 141	Essa atividade prática pode ser realizada em sala de aula com materiais simples como duas folhas de papel, uma borracha e um cronômetro para medir o tempo. O objetivo da atividade é possibilitar aos estudantes que observem como varia a velocidade dos objetos em queda e analisem quais seriam os fatores que influenciariam o tempo de queda durante os testes.
Texto “Tese de Galileu sobre a queda dos corpos” Página 142	A intenção é apresentar a tese de Galileu sobre a queda dos corpos. Enfatizar aos estudantes que existem controvérsias sobre a realização do experimento na Torre de Pisa: algumas fontes indicam que esse experimento tenha sido mesmo efetivado, mas em outro local; outros historiadores sugerem que esse experimento não tenha sido realizado, não passando de lenda, e sugerem que Galileu chegou as suas conclusões simplesmente pela lógica do experimento do plano inclinado

	abordado a seguir.
Atividade Experimental e debate Página 143	O documentário exibe a queda de uma bola de boliche e de uma pena em uma situação ideal, numa câmara de vácuo. Perguntar aos estudantes porque caem ao mesmo tempo. São colocadas duas questões para debate: - A primeira pergunta no que consiste o movimento de queda livre – enfatizar que é um movimento em que se despreza a resistência do ar. Ressaltar que esse procedimento de desprezar alguns fatores, como, por exemplo, a resistência do ar, é adotado para simplificar o entendimento da maioria dos modelos científicos, o modelo de movimento da queda livre. Portanto, os modelos científicos são idealizações da mente humana que se aproximam da explicação da realidade, não sendo um espelho fiel da realidade, mas sim uma representação. - A segunda questão é propícia para provocar uma discussão sobre as condições que temos na Lua. Embora exista um campo gravitacional capaz de atrair o “astronauta com o paraquedas”, na Lua não há atmosfera. Sendo assim, o paraquedas não influencia o movimento de queda do astronauta.
Texto “Galileu: o estudo da queda livre e o plano inclinado Página 144	Apresentar a experiência de Galileu no plano inclinado e a ideia de associar o movimento da esfera rolando na rampa com a situação de queda livre. Demonstra-se como uma estratégia de Galileu para diminuir a intensidade da variação de velocidade durante a descida da esfera na rampa.
Aprofundando o assunto Página 145	O documentário “<i>Galileu, o mensageiro das estrelas</i>” narra a história do físico, matemático e astrônomo Galileu Galilei. A ideia é exibir o trecho no qual ele demonstra o experimento no plano inclinado. Enfatizar aos estudantes que as experiências no plano inclinado podem ter sido uma estratégia adotada por Galileu para melhor exemplificar a variação de velocidade dos corpos, pois a aceleração é menor na rampa, conforme destaca NUSSENZVEIG (2002): Um estudo experimental direto da queda livre seria muito

	difícil naquela época, porque os tempos de queda nas condições usuais são muito curtos. Galileu resolveu essa dificuldade diminuindo a aceleração, com auxílio de um plano inclinado (NUSSENZVEIG, 2002, p.36). Além disso, a primeira questão é importante para discutir com os estudantes as dificuldades técnicas para realização da experiência no plano inclinado, tais como a dificuldade de marcar o tempo. O documentário retrata os métodos utilizados para medição do tempo. A segunda questão proposta serve para tratar o problema da trajetória dos projéteis num lançamento oblíquo e possíveis vantagens financeiras que Galileu obteve. Uma pista para auxiliar os estudantes é enfatizar que o grande avanço dos estudos da mecânica ocorridos no século XVI e XVII está diretamente associado à guerra e a sua indústria. O desenvolvimento das armas de fogo – particularmente do canhão – e o estudo dos processos que ocorrem dentro das armas, a estabilidade, a mira, a trajetória dos projéteis etc., exigiram dos estudiosos, inclusive Galileu, muito trabalho e dedicação. A terceira questão possibilita que o professor introduza o modelo matemático que representa a aceleração da esfera num plano inclinado ($a = g.\sin\theta$), e trabalhar a hipótese do que aconteceria com a velocidade da esfera ao sair da rampa e chegar numa superfície plana e lisa a inclinação da rampa fosse nula (<i>item d</i>). Outros questionamentos podem ser feitos, como, por exemplo: a massa influencia o movimento da esfera? A ideia é preparar campo para entendimento do princípio da inércia e quantidade de movimento. Conforme salienta NUSSENZVEIG (2002): Temos aqui formulada pela primeira vez a lei da inércia: na situação ideal contemplada por Galileu, com uma esfera lançada sobre um plano horizontal e perfeitamente polido (sem atrito), desprezando a resistência do ar (NUSSENZVEIG, 2002, p.67)
Descrevendo o movimento de	A intenção é possibilitar primeiramente uma discussão sobre os resultados da tabela – o que significam (item a) – para posteriormente

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS – UNIDADE 2

1. b) a resistência do ar é desprezível.
2. a) Aristóteles.
3. a) a pedra.
b) chegam juntos.
4. Retilínea.
5. Aceleração constante.
6. a) 9,8 metros por segundo a cada segundo.
7. c) aumenta 9,8 m/s a cada segundo de queda.
8. c) 45 m.
9. d) 30 m/s.
10. b) aceleração é positiva.
11. a) $t = 4\text{s}$.
b) Aproximadamente 40 m/s.

Previsão de aulas: 6 (seis)

UNIDADE DIDÁTICA 3

Aceleração da gravidade e o estudo do pêndulo simples

Figura 10 - (Reprodução) Imagem do Planeta Terra e de um pêndulo a oscilar.



Fonte: www.nasa.gov.

1) Imagem da Terra (sem caráter oficial). Imagem da NASA em domínio público. 2) Imagem do pêndulo (sem caráter oficial) - Imagem do GLENN T. Cox Arquivo em 10 de setembro de 2016.

2) Pêndulo simples: ideal

Qual a relação entre o Planeta Terra e o movimento do pêndulo?

Expectativas de aprendizagem:

- Identificar os fatores que interferem no valor do campo gravitacional terrestre;
- Caracterizar um movimento periódico;
- Definir os termos e as expressões características dos pêndulos e movimentos periódicos, tais como: oscilação, amplitude, período e frequência.
- Identificar e reconhecer as idealizações contidas no modelo do pêndulo simples;

Tabela 15 - Descrição das finalidades e sugestões de trabalho em classe:

SEÇÃO	FINALIDADES E SUGESTÕES DE TRABALHO
Abertura Página 152	A ilustração do Planeta Terra e do pêndulo de oscilação simbolizam o problema da unidade “<i>Qual a relação entre o Planeta Terra e o movimento do pêndulo?</i>”, com a intenção de identificar as concepções espontâneas dos estudantes.
Para início de conversa Página 153	Retoma o questionamento da abertura e instiga os estudantes a continuarem o estudo da unidade, que apresenta uma maneira de determinar a aceleração da gravidade local.
Texto “O valor da aceleração da	Apresenta os fatores que influenciam o valor da aceleração da gravidade para corpos próximos à superfície da Terra.

³³ Previsto na Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica do Paraná

gravidade” Página 153	
Texto “O estudo do pêndulo” Página 154	Caracteriza e apresenta o modelo matemático do pêndulo simples.
Aprofundando o assunto Página 155	Nesta seção, a questão 1 possibilita discutir os limites do modelo do pêndulo simples. Importante é enfatizar aos estudantes que o modelo teórico utilizado resulta de algumas idealizações, tais como: - O corpo que oscila é pontual; - Fio inextensível, inflexível e sem massa; - Despreza-se a resistência do ar; - Considera-se uma das extremidades fixas; - Despreza-se os efeitos de Fricção; - Válido para pequenas amplitudes; A questão 2 visa primeiramente familiarizar os estudantes com termos e expressões características dos pêndulos e movimentos periódicos, tais como: oscilação, amplitude, período e frequência. Posteriormente, o entendimento dos termos, facilita o desenvolvimento da atividade experimental seguinte. Lembramos que a leitura do texto “O estudo do pêndulo” do produto (ou outros materiais, caso julgue necessário) pode facilitar a resolução das duas questões.
Pesquisa Página 155	Inicialmente, os estudantes pesquisam a altitude e latitude no seu município. Em seguida, oriente para que acessem o site:

	http://www.sensorsone.com/local-gravity-calculator/ que possui uma calculadora da gravidade local, onde, com base nos dados pesquisados (item a), encontrarão uma estimativa do valor da gravidade local. Enfatizar que se trata também de uma aproximação, a calculadora trabalha com um modelo que considera a altitude e latitude (que são muito importantes), mas outros fatores, tais como a geologia e a topografia do terreno podem também influenciar na variação da gravidade local. Todo modelo científico é resultante de idealizações e simplificações.
Atividade experimental Página 156	Construir um aparato experimental simples que possibilite aos estudantes observar o movimento pendular e medir o valor da gravidade terrestre. No item 4, os estudantes vão comparar o resultado com o valor encontrado na pesquisa, possibilitando retomar a discussão inicial sobre os limites do modelo do pêndulo simples. O modelo teórico utilizado parte de algumas idealizações, já destacadas anteriormente. Caso desejássemos uma precisão maior, o modelo utilizado seria mais complexo. É conveniente destacar também que, inevitavelmente, os erros de medida fazem parte de qualquer procedimento experimental, que precisamos compreendê-los para melhorar nossa precisão.
Atividade Computacional Página 158	O objetivo deste simulador é projetar experimentos para descrever como as variáveis afetam o movimento de um pêndulo simples. Orienta-se não usar o cronômetro digital manual, e sim o próprio cronômetro do simulador para as medidas do período. Dependendo da disponibilidade de tempo e caso o professor ache necessário, poderá realizar outras medidas para um segundo pêndulo (recurso que o software do simulador proporciona).

Referências Página 160	Nesta seção, são indicados os livros, artigos e outros materiais que embasaram a elaboração da unidade didática e deste guia.
---	--

FONTE: O AUTOR.

ANOTAÇÕES:

[illegible]

TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

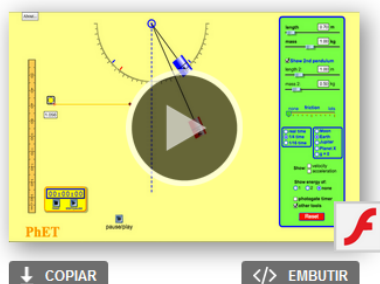
SIMULADOR PHET: LABORATÓRIO DE PÊNDULOS³⁴

- 1) No laboratório de informática do seu colégio, digite o seguinte endereço na barra do seu navegador:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab

- 2) Descrição do simulador:

Laboratório de Pêndulos



- Pêndulo
- Movimento Periódico

DOE

PhET é apoiada por



e educadores como você.

↓ COPIAR

</> EMBUTIR

▶ SOBRE

▶ PARA PROFESSORES

▶ TRADUÇÕES

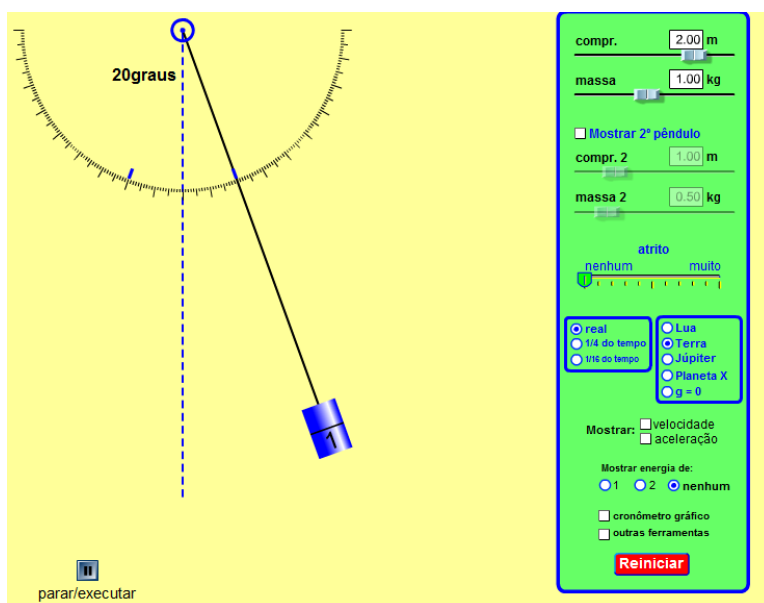
▶ REQUISITOS DE PROGRAMAS (SOFTWARE)

▶ CRÉDITOS



É um simulador que permite mexer em um ou em dois pêndulos para descobrir como o período de um pêndulo simples depende do comprimento da corda, da massa e da amplitude do movimento. É possível variar o atrito e a força da gravidade. Outra possibilidade é determinar o valor de g no planeta X.

- 3) Abra a página a seguir e configure os parâmetros:



Ajustar os parâmetros (retângulo verde):

- Comprimento do fio (L): use 2,0 m;
- Massa (m): use 1,0 kg -
- Tempo: real
- Atrito: use nenhum
- Planeta: Terra
- Selecione a opção: cronômetro gráfico.
- Arraste com o mouse a massa do pêndulo: ângulo de 10°

³⁴ Fonte das imagens utilizadas neste tutorial: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS – UNIDADE 3

1. b) menor em relação aos polos.
2. a) menor em relação ao nível do mar.
3. d) $2,5 \text{ m/s}^2$.
4. a) aumentaria em relação à Terra.
5. d) tenderia ao infinito.
6. b) 4 L.
7. a) 2,5 segundos.
8. b) $5,0 \text{ m/s}^2$.
9. c) comprimento do pêndulo e aceleração gravitacional.

Anotações:

.....

.....

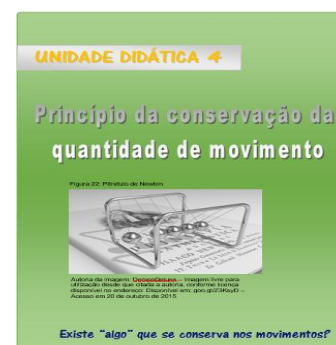
.....

UNIDADE 4 - FINALIDADES E SUGESTÕES PARA O TRABALHO EM CLASSE

Conteúdo Estruturante³⁵: Movimento

Previsão de aulas: 8 (oito)

Figura 6 – Imagem da capa de abertura da unidade 4.



Fonte: O autor.

Expectativas de aprendizagem:

Espera-se que, ao final desta unidade, o estudante possa:

- Compreender³⁶ a grandeza “quantidade de movimento” como uma propriedade física de um corpo e a massa inercial, um de seus parâmetros de medida, como uma grandeza que expressa a propriedade física de resistência à mudança de estado de movimento, ou de outra forma, à aceleração;
- Conhecer as grandezas físicas que determinam a quantidade de movimento de um corpo (massa e velocidade), bem como suas unidades de medidas, e realize cálculos da quantidade de movimento de um corpo;
- Compreender os modelos como ferramentas elaboradas para explicar fenômenos físicos utilizando-os para explicar movimentos cotidianos, como, por exemplo, o ato de caminhar.
- Reconhecer a conservação de determinadas grandezas, utilizando essa noção na análise de situações apresentadas em atividades experimentais e computacionais;
- Reconhecer os limites de validade dos modelos físicos. Por exemplo, a impossibilidade de explicar o movimento de partículas em movimento com velocidades próximas a velocidade da luz pelo modelo Newtoniano.

Tabela 16 - Descrição das finalidades e sugestões de trabalho em classe:

SEÇÃO	FINALIDADES E SUGESTÕES DE TRABALHO
Abertura Página 163	A imagem da abertura da unidade traz o pêndulo de Newton , um dispositivo que pode ser utilizado em sala de aula (caso haja disponibilidade) no ensino da conservação da quantidade de movimento e da energia mecânica nas colisões. O nome dado a esse experimento é uma homenagem ao físico Isaac Newton, que

³⁵ Previsto na Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica do Paraná

³⁶ PARANÁ, SEED. Caderno de Expectativas aprendizagem (Departamento de Educação Básica). 2012.

	foi quem o propôs para fazer a análise de vários princípios da Mecânica. O problema “<i>Existe algo que se conserva nos movimentos</i>”? remete ao estudo do Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, assunto de extrema importância não só para a Mecânica, mas para as teorias físicas de um modo geral.
Para início de conversa Página 164	Aqui é importante que o estudante opine, diga o que pensa, tendo em vista que ele irá conhecer uma nova maneira de ver as coisas, diferente do seu cotidiano, que é a maneira como a Física, através dos físicos, vê as coisas. O estudante será induzido a perceber que existem várias formas de interpretar as coisas a nossa volta. Se no dia a dia ele pode interpretar da sua maneira, na escola, numa aula de física, ele terá contato com o conhecimento científico, aquele produzido e sistematizado pela ciência.
Atividade Experimental (<i>Vídeo: demonstração experimental</i>) Página 164	Nessa situação o professor deve passar o vídeo, repetir, se entender como necessário, e propor para os estudantes as questões propostas no material. O professor deverá não somente deixar, mas também propiciar situação que permita aos estudantes exporem suas ideias. A intenção principal é possibilitar que os estudantes relacionem o vídeo assistido com situações do cotidiano que apresentam a conservação da quantidade de movimento e a transferência de <i>momentum</i>.
Texto “<i>Mas do que depende essa quantidade de movimento?</i>” Página 166	A pergunta inicial desse texto e a situação apresenta nele faz o estudante pensar que não é apenas a velocidade que interfere na quantidade de movimento, mas também a sua massa. A questão inicial pode fomentar outras, por exemplo: Quem tem maior quantidade de movimento, uma moto a 100 km/h ou um caminhão a 100 km/h?
Texto e seção “aprofundando o assunto” “<i>Mas como medir</i>	A ideia é representar e colocar em discussão o modelo matemático da quantidade de movimento. Em seguida são apresentadas algumas questões que descreveremos brevemente: 1. Solicita-se que o estudante analise a quantidade de

<i>essa grandeza?”</i> Página 167	movimento, muito embora o caminhão possua maior massa quando ele está em repouso, portanto, a quantidade de movimento do skate é maior. 2. Solicita-se que o estudante analise a quantidade de movimento. Ressaltar que, embora o caminhão e a moto estejam na mesma velocidade, a massa do caminhão é superior, portanto, a quantidade de movimento do caminhão é maior; 3. Solicita-se que o estudante calcule a quantidade de movimento de um patinador sobre a pista de gelo. Para isso, aplicará o modelo matemático de momentum (quantidade de movimento). Demonstrado o resultado, orientar em relação ao emprego correto da unidade de medida.
Texto “Em busca do Princípio” Página 167	A intenção é introduzir a ideia de conservação da quantidade de movimento apresentando a concepção de Descartes.
Texto “Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento” Página 168	Este texto visa aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento, analisando as colisões de esfera no pêndulo de Newton. No final do texto, é importante discutir com os estudantes a idealização de sistema isolado.
Aprofundando o assunto Página 169	São propostos dois exercícios que precisam ser discutidos em sala de aula. Eis a resposta das seguintes atividades: 1) A velocidade do trator é 18 km/h 2) A velocidade do conjunto é 3,2 m/s
Atividade computacional Página 169	Após ter demonstrado o princípio de conservação e discutido a expressão matemática para grandeza quantidade de movimento, foi proposta uma simulação computacional em que os dois patinadores patinam numa pista de gelo. Nessas situações, o estudante perceberá que a quantidade de movimento é uma grandeza que depende das massas e das velocidades dos corpos envolvidos.

	Deverá escolher e testar as várias relações, mas ele deverá descobrir qual a relação correta dentre as três apresentadas. O professor deverá demonstrar atentamente cada uma das situações para que o estudante não apresente dúvidas nos aspectos conceituais e matemáticos envolvidos. Sugerimos a leitura do seguinte guia disponível na internet pelo endereço: http://rived.mec.gov.br/atividades/fisica/conservacao/atividade6/guia_ativ6_mod2_cqm_iii.pdf
Debate: Possibilidades e limites da Teoria Newtoniana Página 174	Para maior aproveitamento da discussão, recomenda-se que essa atividade seja antecedida de uma pesquisa sobre as questões propostas, em seguida, realiza-se o debate. Detalharemos a seguir cada uma das questões, para que o professor tenha condições de mediar a discussão e introduzir as ideias fundamentais: Questão 1: Ao tratar da ausência de forças (fatores externos) podemos introduzir o conceito de inércia. Esclarecer que é uma idealização e que é nesta situação de ausência de forças externas, a quantidade de movimento se conserva. Questões 2 e 3: Introduzir leis e conceitos fundamentais do estudo dos movimentos, tais como impulso e variação da quantidade de movimento. Questão 4: Entenda como originalmente a Segunda Lei de Newton foi enunciada pela relação matemática: $F = \Delta Q / \Delta t$. Questão 5: Esclarecer aos estudantes que a Mecânica Newtoniana descreve, com boa aproximação, o movimento de objetos macroscópicos usuais, porém, com o surgimento de outras teorias, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (próximos a velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escala atômica e sub-atômica). Questão 6: Visa possibilitar uma discussão dos limites da Teoria

TUTORIAL PARA USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

SIMULADOR RIVED: CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO³⁷

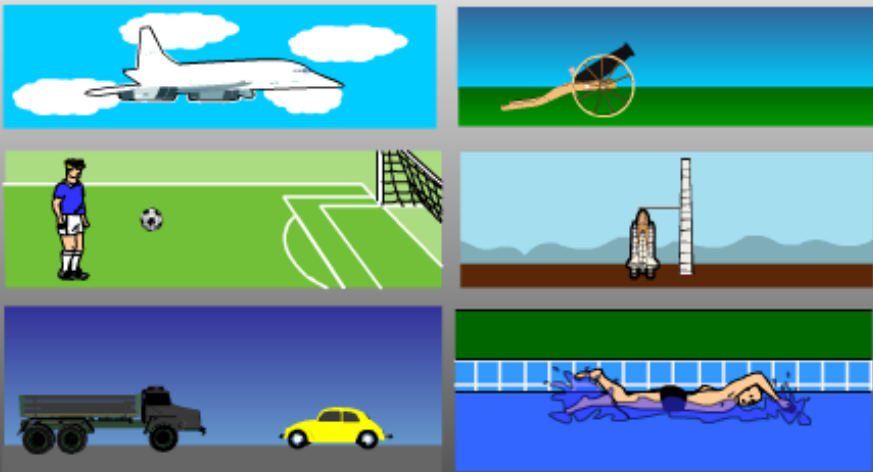
1) Acesse o site:

<http://rived.mec.gov.br/atividades/fisica/conservacao/atividade4/atividade4.htm>



Atividade "Quantidade de Movimento I"

No século XVII, quando a ciência ainda se confundia com a filosofia natural, alguns filósofos negavam-se a acreditar que o Universo – a máxima criação da perfeição divina – pudesse ser uma máquina imperfeita, cujos movimentos cessariam um dia. Eles acreditavam que o movimento, ou melhor, que a quantidade de movimento do universo não podia aumentar nem diminuir. Podemos dizer que neste momento estava nascendo uma importante Lei da Física, a Lei de Conservação da Quantidade de Movimento, que se aplica a todos os movimentos, mesmo quando isso não fica tão evidente. Vamos ver como a colisão entre patinadores pode nos ajudar a compreender melhor essa Lei.



Será que existe algo de comum a todos esses movimentos? Algo que todos obedecem independente da situação?

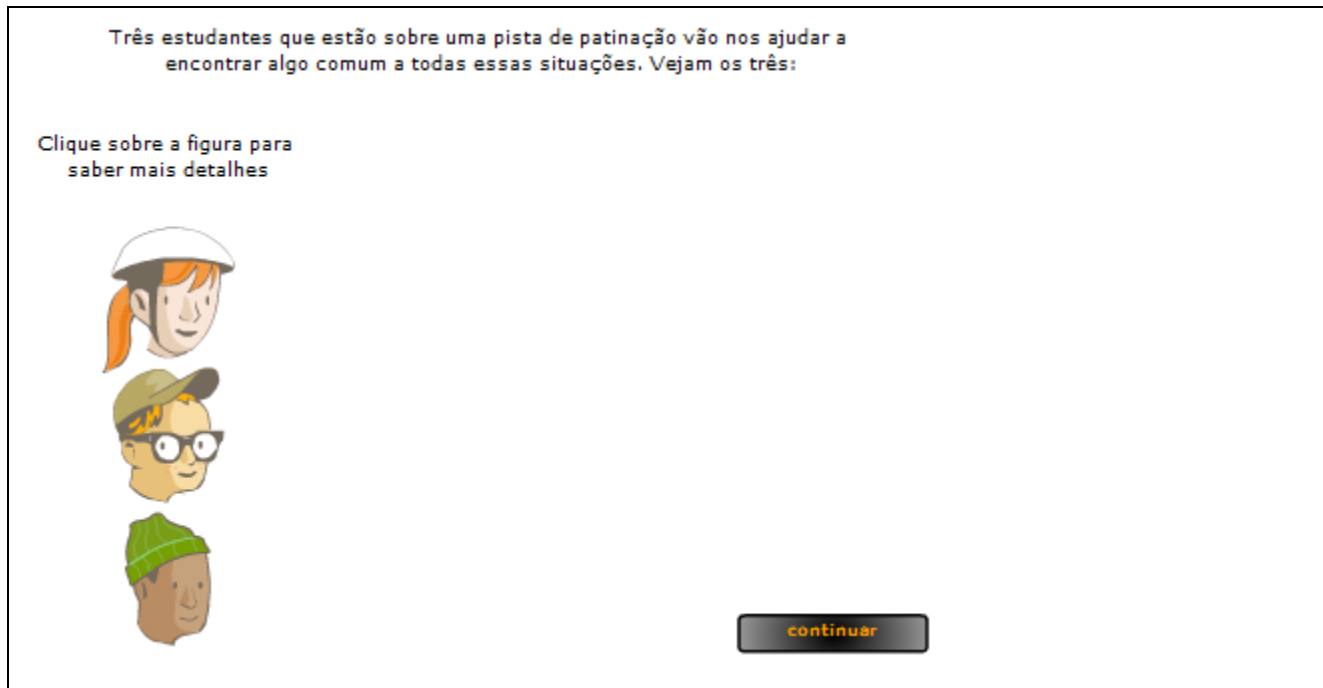
[continuar](#)

2. Clique em

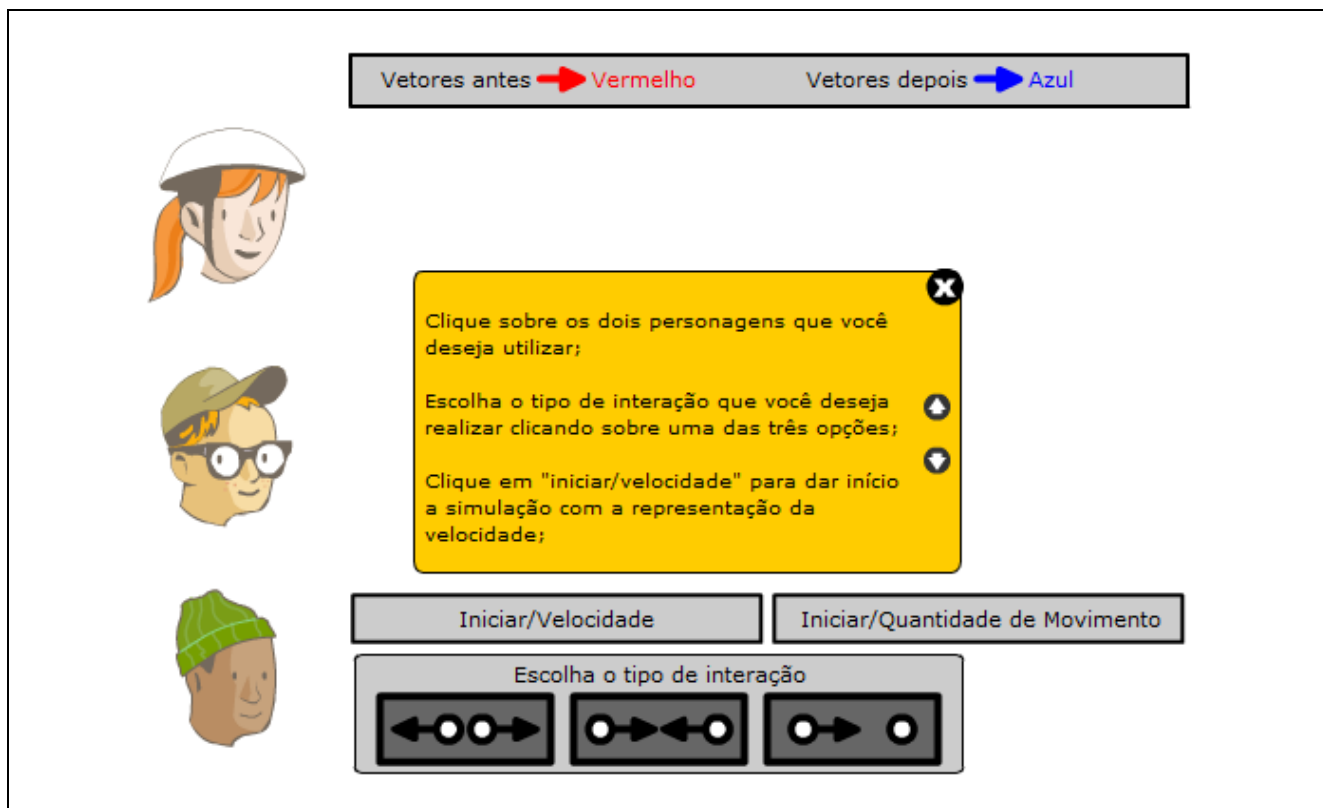
[continuar](#)

³⁷ Fonte das imagens: <http://rived.mec.gov.br/atividades/fisica/conservacao/atividade4/atividade4.htm> - Acesso em 01 de julho de 2016

3. Aparece a próxima tela

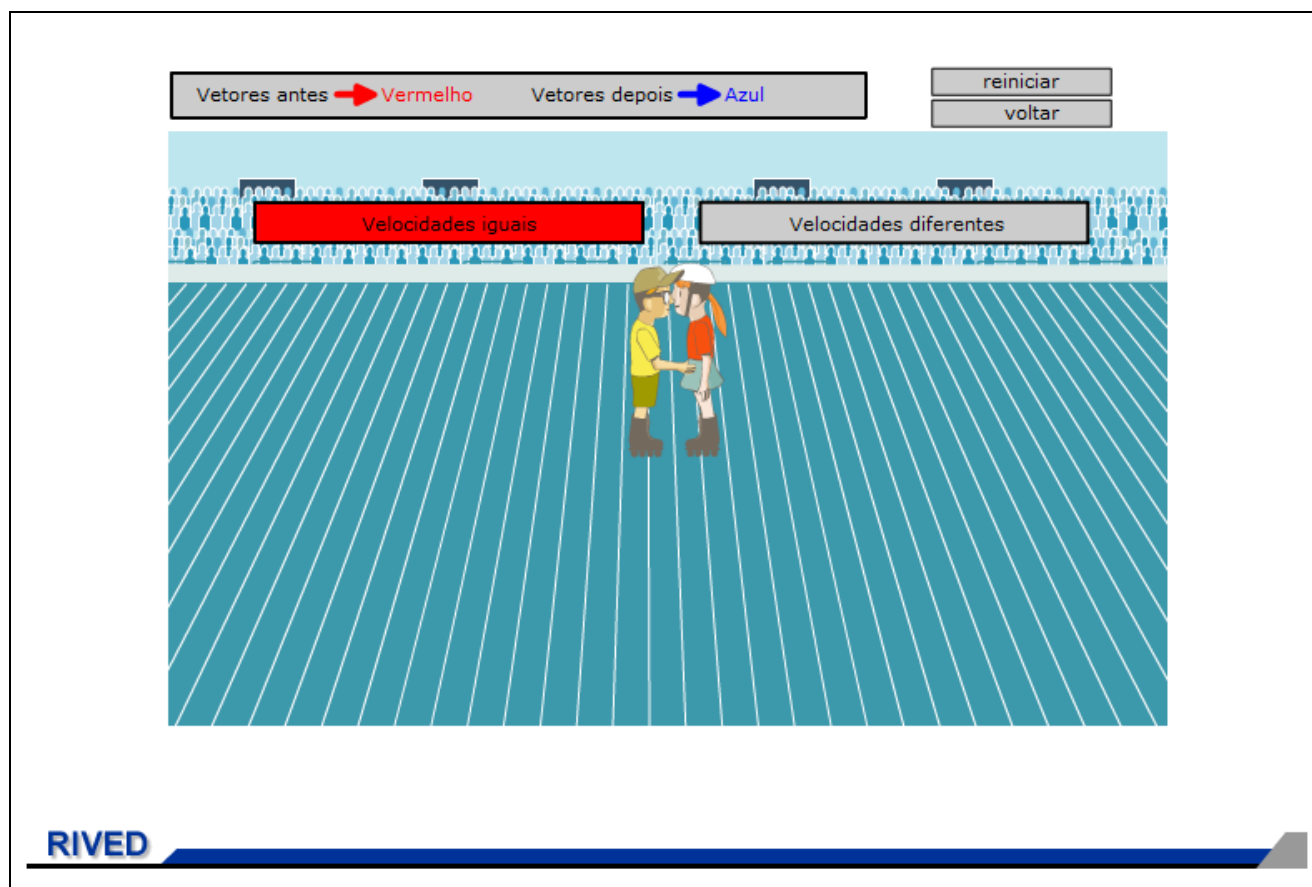


4. Clicando sobre a figura das crianças aparece as informações sobre a massa de cada um deles. Em seguida, clique em



4. Siga as orientações da tela. Sugerimos que a demonstração inicie clicando em

Iniciar/Quantidade de Movimento



5. Faça a simulação de acordo com as situações apresentadas – caso a caso - no produto Educacional. Para retornar e simular uma nova situação (outros personagens, outro tipo de interação ou velocidade) clique em **voltar**

Anotações:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS PROPOSTOS – UNIDADE 4

1. Um caminhão a 100 km/h. Embora tenha a mesma velocidade, o caminhão possui maior massa.
2. Significa que essa grandeza mantém seu valor no decorrer do tempo.
3. 200 kg.m/s.
4. a) 9500 kg.m/s.
b) zero.
c) – 9500 kg.m/s.
5. $v_{\text{menino}} = 0,8 \text{ m/s}$.

Anotações:

[illegible]

REFERÊNCIAS

ANJOS, Vanderlan Rodrigues dos. **Contextualização e o uso de simulações no Ensino Médio: facilitando a compreensão dos problemas de Física**. Material Instrucional associado a dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física**. Física na escola. São Paulo. Vol. 9, n. 1 (maio 2008), p. 10-14, 2008.

DO CARMO, Alex Bellucco. Ensinando quantidade de movimento: como conciliar o tempo restrito com as atividades de ensino investigativas na sala de aula?. Revista Ciência em Tela, v.5, nº1, 2012

FERREIRA, Ricardo Bruno. Galileu e a sua importância epistemológica. 2004.

FILHO, Arnaldo Brasílio. **Trabalho com pêndulos**. Aula disponível no Portal do Professor – MEC (Ministério da Educação). Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1496> – Acessado em 30 de maio de 2015.

GASPAR, A. Manual do Professor. In: **Compreendendo a física: ensino médio**/ Alberto Gaspar – São Paulo: Ed. Ática, 2010.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2009

HORIGUTI, Augusto Massashi. Determinação da Equação Geral do Pêndulo simples. **Revista: Sinergia**, São Paulo, v.7, n.1, pg.59-63, 2006.

JOKURA, Tiago. “Qual foi a maior velocidade que uma pessoa já alcançou?”. *Revista Mundo Estranho*, Ed. 85, 2014.

JUNIOR, Silveira; DA, Pedro Belchior; ARNONI, Maria Eliza Brefere. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, p. 1-8, 2013.

MENDES, Mariane. **Pêndulo de Newton no Ensino de Mecânica**, [201-?]. Disponível em < <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/pendulo-newton-no-ensino-mecanica.htm> > Acesso em 09 de fevereiro de 2016

NASCIMENTO, Adriano Mamedes Silva. **A utilização de experimentos de baixo custo e de simulações computacionais no Ensino de Física em Escolas Públicas**. Trabalho de dissertação de Mestrado em Ciências Naturais. Universidade Federal do Mato Grosso, 2014.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**. Vol. 1 - São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2002

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto. POGIBIN, Alexander. OLIVEIRA, Renata Cristina de Andrade. ROMERO, Talita Raquel Luz. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. v.1, 1ª ed. São Paulo, FTD 2010.

PARANÁ, SEED. **Caderno de Expectativas aprendizagem (Departamento de Educação Básica)**. 2012.

PARANÁ/SEED. **Diretrizes Curriculares Orientadoras da Educação Básica – Física**. Curitiba: SEED, 2009

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PROJETO Física Vivencial: uma aventura do conhecimento. MEC/MCT/FNDE/IGGE (Projeto CONDIGITAL). Licença Creative Commons: Instituto Galileo Galilei para a Educação. Disponível na rede web: www.fisicavivencial.pro.br – Acessado em 19/05/2015

REIS JÚNIOR, Elival Martins dos; DA SILVA, Otto H.M. Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física. **CADERNO INTERSABERES**, v. 1, n. 2, p. 38-56, 2013.

SANTOS, Leandro Antonio dos; CASTRO, Antonio Sérgio Magalhães. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotski para o estudo do movimento**. Produto educacional derivado da dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

SANTOS, Leandro Antonio dos. **Elaboração de unidades didáticas como estratégia central para a compreensão dos modelos científicos: Uma proposta baseada em Vigotsky para o estudo do movimento**. Dissertação de Mestrado Profissional. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

TOSCANO, Carlos. Física e Realidade, ensino médio física, vol.01. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Scipione, 2010.

USP/GREF-Instituto de Física. Conservação dos movimentos. In: **Leituras de Física, GREF: mecânica para ler, fazer, pensar**. São Paulo: USP, junho de 1998, versão preliminar, p. 14. Disponível no Endereço eletrônico: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br> – Acesso em 20 de outubro de 2015.

Anotações:

This image shows a full page of a document template designed for handwriting practice or general note-taking. It consists of approximately 28 evenly spaced horizontal dotted lines across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, headers, footers, or other markings present.

**ANEXOS: AVALIAÇÃO E PARECERES DOS PROFESSORES EM
RELAÇÃO AO PRODUTO EDUCACIONAL**

ANEXO A: PARECER DO PROF. EVERTON KIELT

FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

1. Sobre o produto educacional destinado aos estudantes:

Apresenta conexão com o cotidiano dos estudantes?

() Sim

() Não

(x) Parcialmente

2. Privilegia a interação entre os estudantes, dos estudantes com o professor e dos estudantes com os recursos experimentais e computacionais?

(x) Sim

() Não

() Parcialmente

3. As unidades didáticas integram atividades experimentais e computacionais?

(x) Sim

() Não

() Parcialmente

4. As atividades experimentais e computacionais são integradas às atividades teóricas?

(x) Sim

() Não

() Parcialmente

5. O produto educacional motiva o diálogo em sala de aula e favorece a discussão conceitual dos conteúdos?

() Sim

() Não

(x) Parcialmente

6. O material favorece a discussão dos limites e das idealizações contidas nos modelos científicos?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Parcialmente

Parecer descritivo sobre produto educacional destinado aos estudantes nas atividades didáticas (comentários, sugestões, críticas etc.):

“O produto educacional tem seus méritos ao problematizar o ensino da Cinemática, que percebo ser tão extenso, difícil e cansativo. Percebe-se que a maioria dos professores de Física não se preocupam devidamente com o desempenho dos estudantes neste tema. Por isso é fundamental a pesquisa nesta área, apontando reflexões e estratégias para os professores. Também vejo que o produto desenvolvido tem a intenção de desenvolver problemas de Física mais próximos ao cotidiano dos estudantes. No entanto, acredito que é importante buscar ainda mais a relação com o cotidiano. Sei que é uma atividade difícil, mas é importantíssima. Os problemas não contextualizados costumam não motivar suficientemente os estudantes. Sei que os problemas repetitivos são importantes, também. Mas temos que ver como o professor trabalhará com problemas repetitivos: às vezes alguns ficam só nisso e é preciso ir além. Gostei da relação de atividades experimentais em sala, como a de medir a velocidade do aviãozinho de papel, e atividades integradas com as simulações. A atividade sobre queda livre também é importante e está bem descrita.”

Sobre o produto educacional destinado aos professores (MANUAL DO PROFESSOR):

1. Apresenta os subsídios teórico-metodológicos que auxiliam a prática do professor?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Parcialmente

2. Apresenta subsídios teórico-metodológicos suficientes para o professor aplicar o material didático aos estudantes?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Parcialmente

Parecer descritivo sobre o manual do professor (comentários, sugestões, críticas, etc.):

“O material estimula a discussão e a problematização da prática docente.

Não consegui acessar os links do site Física Vivencial. Fiquei curioso com as possibilidades das simulações e experimentos. Cito que a sequência dos assuntos colocadas no material talvez não seja possível de ser colocada em prática devido ao planejamento escolar. Mas são temas excelentes. As explicações são claras e detalhadas. Acredito que o manual está completo.”

ANEXO B: PARECER DO PROF. GLAUBER LUCIANO KITOR

FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Sobre o produto educacional destinado aos estudantes:

1. Apresenta conexão com o cotidiano dos estudantes?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

2. Privilegia a interação entre os estudantes, dos estudantes com o professor e dos estudantes com os recursos experimentais e computacionais?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

3. As unidades didáticas integram atividades experimentais e computacionais?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

4. As atividades experimentais e computacionais são integradas às atividades teóricas?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

5. O produto educacional motiva o diálogo em sala de aula e favorece a discussão conceitual dos conteúdos?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

6. O material favorece a discussão dos limites e das idealizações contidas nos modelos científicos?

☒ Sim

☐ Não

☐ Parcialmente

Parecer descritivo sobre produto educacional destinado aos estudantes nas atividades didáticas (comentários, sugestões, críticas etc.):

“O material é pertinente e é aplicável à realidade das escolas. Para tanto deve haver sala de informática que garanta um computador por aluno da turma em que serão trabalhadas as práticas. Atualmente é imprescindível que seja trabalhada a disciplina fazendo um resgate histórico, apresentando a teoria, os modelos científicos, realizando atividades experimentais quando possível, e complementando com práticas simuladas em simuladores do tipo Applets. Isso tudo foi contemplado, além da preocupação com a Zona de Desenvolvimento Proximal dos educandos, o que demonstra a responsabilidade e o comprometimento quando da elaboração do produto. Não acrescento nada, pois o material se encontra com boa extensão x profundidade dos conceitos a serem explorados. Só vou ajudá-los em alguns pontos que não me passaram despercebidos. Sobre o material destinado aos estudantes, se me permite, faço as seguintes observações/sugestões/apontamentos:

P. 05. Padronizar maiúscula para astros e planetas? “... o Sol ou a sua cama.”

*P. 08. “num intervalo de tempo Δt , o móvel percorra um **espaço** Δt ” Não seria ΔS . Está escrito t.*

P. 19. Eu costumo utilizar duas folhas de sulfite iguais, sem amassar. Seguro uma delas disposta na vertical, e outra com seu plano paralelo ao da mesa, à mesma distância da mesa. Aquela disposta na vertical vence com mais facilidade a resistência do ar, e cai mais rapidamente.

*P. 20. “comprovando que caíam...” Seria caíam ou **cairiam**?*

*P. 23 “proporcional”. Não seria **proporcionou**?*

Sobre as equações da cinemática, imagino que cada professor irá apresentá-las aos seus alunos. Não está em evidência.

P. 27. Exercício 01, 02, 04, ... é de assinalar? (___)

P. 30. Não sei se seria o momento de introduzir isso, pois poderia confundi-los com excesso de informações, mas eu diria que a aceleração centrífuga também interfere no valor numérico obtido para a aceleração da gravidade, se comparando a região da linha do equador com a região dos polos, pois nos polos, pois a distância da superfície ao eixo de rotação é praticamente nula.

$a_{cf} = v^2/R$. Consideremos o raio da Terra $R \approx 6360000m$.

$a_{cf} \approx (C/\Delta t)$ aproximadamente, pois a Terra dá um pouco mais que uma volta em torno do Sol, se considerarmos a soma de uma volta completa ao concluir a translação.

$$a_{cf} \approx (2 \cdot \pi \cdot R / 24 \cdot 3600)^2 / R \approx 4 \cdot \pi^2 \cdot R \approx 6360000 \text{ f} \approx 0,2 \text{ m/s}^2$$

Gosto do experimento do pêndulo. Sempre procuro fazê-lo nas primeiras séries, com cronômetro, barbante e uma massa, cujo centro de massa é estimado para a medição do comprimento efetivo do pêndulo. É importante ressaltar que o pêndulo deve ser posto para oscilar com a menor amplitude possível, pois oscilações de maior amplitude implicam em tempo maior, e teria de ser aplicada uma fórmula com mais termos, de uma expansão de uma série.

Achei excelente a abordagem sobre a quantidade de movimento, acho que vale a pena falar da conservação, da transferência da quantidade de movimento, para então partir para as “medidas” dessa grandeza. Está ótimo.

Sobre o Berço de Newton, ou Pêndulo de Newton, quando é oportuno, dependendo da Zona de Desenvolvimento Proximal dos estudantes, eu explico que a quantidade de movimento e a energia cinética devem ser conservadas. Isso exige que certo número de esferas, sendo de massas iguais, entrem em movimento. Como comprovar:

Ex.: seja $m_1 = m_2 = \dots = m_5 = 1 \text{ kg}$., por exemplo. Seja $v = 3 \text{ m/s}$ no instante do impacto. Por que será que, se inicialmente duas estão em movimento, teremos outras duas, do outro lado, a se movimentar?

Façamos os cálculos para a quantidade de movimento:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_4 \cdot v_4 + m_5 \cdot v_5$$

$$1.3 + 1.3 = 1.3 + 1.3$$

$$6 = 6. \text{ conservou.}$$

Tentemos imaginar que apenas uma das esferas saísse com velocidade igual ao dobro da velocidade das duas primeiras

$$1.3 + 1.3 = 1.6$$

$$6 = 6. \text{ conservou a quantidade de movimento.}$$

Agora vejamos se conservaria a energia.

$$\frac{1}{2} \cdot 3^2 + \frac{1}{2} \cdot 3^2 = \frac{1}{2} \cdot 6^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot 9 + \frac{1}{2} \cdot 9 = \frac{1}{2} \cdot 36$$

$\frac{1}{2} \cdot 18 = \frac{1}{2} \cdot 36$. Não conservou a energia. Isso exige que somente a quantidade de massa que transfere a energia e a quantidade de movimento receba essa quantidade transferida. Coisas da Física...

P. 45. No final: “debate com seu professor...” ou **debata?**

Sobre a conservação da quantidade de movimento, eu sugeriria um outro problema a ser apresentado:

“Uma pessoa de massa 60kg se movimenta a 4m/s e salta sobre um carrinho de massa 15kg, inicialmente em repouso. Desprezando o atrito das rodas do carrinho, qual seria a velocidade final do conjunto?”

Sobre o produto educacional destinado aos professores (MANUAL DO PROFESSOR):

3. Apresenta os subsídios teórico-metodológicos que auxiliam a prática do professor?

- (X) Sim
() Não
() Parcialmente

4. Apresenta subsídios teórico-metodológicos suficientes para o professor aplicar o material didático aos estudantes?

- (X) Sim
() Não
() Parcialmente

Parecer descritivo sobre o manual do professor (comentários, sugestões, críticas etc.):

Vejo que os dois materiais estão pautados em um objetivo central, e não há dúvidas sobre o sucesso em sua implementação. As atividades foram cuidadosamente pensadas e elaboradas considerando historicidade, praticidade e aplicabilidade, e ainda considerando a preocupação com a Zona de Desenvolvimento Proximal dos educandos, o que encaminha para a validação do material produzido. A ordem cronológica dos conteúdos e das práticas é bastante satisfatória.

Se me permite, faço alguns apontamentos/sugestões/observações:

P. 09. No quadro Atividade Computacional Página 11, onde diz "...norteadas por uma questão:" é dois pontos ":" mesmo?

P. 10. Atividade Experimental Página 14 "A terceira questão ____ os estudantes" Uma sugestão seria estabelecer uma ligação ou inserir crase "À terceira..."

P. 16. Faltou fechar aspas Texto "Galileu: o estudo da queda livre e o plano inclinado" Página 21.

Achei bastante pertinente o uso dos Applets, eu mesmo já utilizei alguns, principalmente os do PHET Simulations da Universidade do Colorado. Não lembro de ter visto no Produto Educacional o "Walter Fendt". Imagino que já conheça, está disponível no endereço www.walterfendt.com.br ou pesquisar Walter Fendt no buscador. Tem simuladores bons lá. De soma de vetores, roldanas, torque, entre outros.

A Mecânica é a parte da Física que é considerada mais "massante", mais "truncada", parece tão próxima, tão palpável, mas se apresenta de compreensão bastante difícil para nossos estudantes.

Em geral o material está muito bom, muito bem elaborado. Será muito útil para os professores que quiserem utilizá-lo.

ANEXO C: PARECER DA PROF^a MARLI TURMINA MARQUEVISKI**FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

Sobre o produto educacional destinado aos estudantes:

1. Apresenta conexão com o cotidiano dos estudantes?
☒ (x) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

2. Privilegia a interação entre os estudantes, dos estudantes com o professor e dos estudantes com os recursos experimentais e computacionais?
☒ (x) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

3. As unidades didáticas integram atividades experimentais e computacionais?
☒ (x) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

4. As atividades experimentais e computacionais são integradas às atividades teóricas?
☒ (x) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

5. O produto educacional motiva o diálogo em sala de aula e favorece a discussão conceitual dos conteúdos?
☒ (x) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente

6. O material favorece a discussão dos limites e das idealizações contidas nos modelos científicos?

(x) Sim

() Não

() Parcialmente

Parecer descritivo sobre produto educacional destinado aos estudantes nas atividades didáticas (comentários, sugestões, críticas etc.):

O ser humano demonstra curiosidade a respeito da natureza, daí a importância de compreendê-la e conectá-la com o dia a dia. No seu produto educacional destinado aos estudantes, você faz uma abordagem clara e objetiva. Procura privilegiar a interação entre professores, estudantes e com os recursos experimentais/computacionais. Também, promove atividades que envolvem teoria e prática, favorecendo o diálogo e a discussão conceitual dos conteúdos.

Laranjeiras do Sul, 21 de março de 2016.

Marli Turmina Marqueviski

Assinatura do Professor colaborador

Sobre o produto educacional destinado aos professores (MANUAL DO PROFESSOR):

5. Apresenta os subsídios teórico-metodológicos que auxiliam a prática do professor?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Parcialmente

6. Apresenta subsídios teórico-metodológicos suficientes para o professor aplicar o material didático aos estudantes?

☒ (x) Sim

☐ () Não

☐ () Parcialmente

Parecer descritivo sobre o manual do professor (comentários, sugestões, críticas etc.):

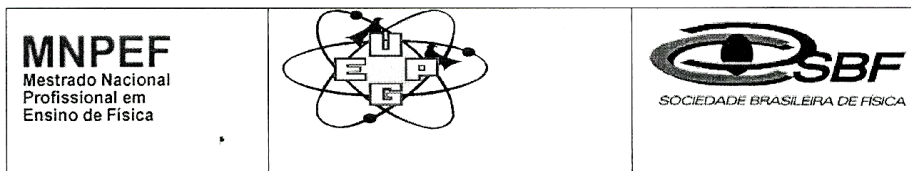
No seu produto educacional destinado aos professores, valoriza a compreensão da Ciência como produção humana e fundamenta o processo ensino aprendizagem.

Busca construir uma proposta de ensino centrado em conteúdos e metodologias que levam à discussão e à reflexão sobre o mundo das ciências sob a perspectiva de esta não é somente fruto da racionalidade científica, mas fruto da experiência e observação humana.

Laranjeiras do Sul, 21 de março de 2016.

Marli Turmina Marqueviski

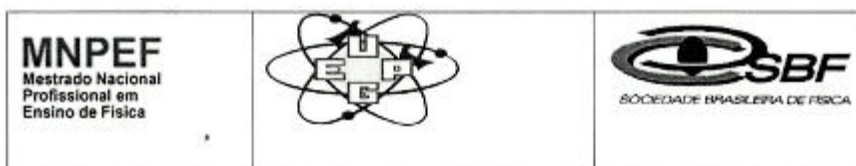
Assinatura do Professor colaborador

ANEXO D: PARECER DA PROF^a RITAMAR ANDREETTA

FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

Sobre o produto educacional destinado aos estudantes:

1. Apresenta conexão com o cotidiano dos estudantes?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente
2. Privilegia a interação entre os estudantes, dos estudantes com o professor e dos estudantes com os recursos experimentais e computacionais?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente
3. As unidades didáticas integram atividades experimentais e computacionais?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente
4. As atividades experimentais e computacionais são integradas às atividades teóricas?
☒ (X) Sim
☐ () Não
☐ () Parcialmente
5. O produto educacional motiva o diálogo em sala de aula e favorece a discussão conceitual dos conteúdos?
☒ (X) Sim
☐ () Não



☐ Parcialmente

6. O material favorece a discussão dos limites e das idealizações contidas nos modelos científicos?

☒ Sim

☐ Não

☐ Parcialmente

Parecer descritivo sobre produto educacional destinado aos estudantes nas atividades didáticas (comentários, sugestões, críticas, etc.):

O produto educacional destinado aos estudantes se apresenta de forma bem detalhada, com diversas imagens (se tornando mais atrativo) e o conteúdo com bastante compreensão.

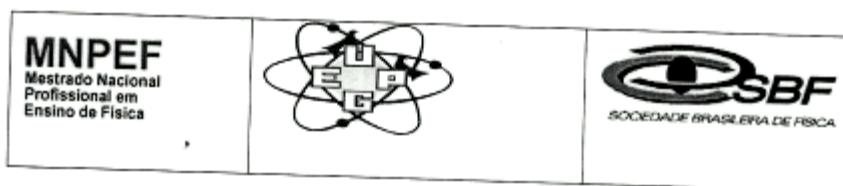
Além das questões experimentais ainda apresenta a Atividade Computacional, uma forma nova e inusitada, reforçando ainda mais a explicação do conteúdo ensinado.

Também, apresentam de forma articulada outros diversos conteúdos como, por exemplo, trabalhar a velocidade e simultaneamente trabalhar as unidades de medidas.

O material é excelente, foi pensado em cada detalhe: a questão visual, os exercícios, as experiências e a parte computacional. Será de grande utilidade para todos nós.

Laranjeiras do Sul, 30/03/2016.

Ritamar Andreetta



Sobre o produto educacional destinado aos professores (MANUAL DO PROFESSOR):

1. Apresenta os subsídios teórico-metodológicos que auxiliam a prática do professor?
 - ☒ (X) Sim
 - ☐ () Não
 - ☐ () Parcialmente

2. Apresenta subsídios teórico-metodológicos suficientes para o professor aplicar o material didático aos estudantes?
 - ☒ (X) Sim
 - ☐ () Não
 - ☐ () Parcialmente

Parecer descritivo sobre o manual do professor (comentários, sugestões, críticas, etc.):

O Manual do professor apresenta-se também, de forma bem detalhada com as diversas seções: Abertura, Para início de conversa, Debate, Aprofundamento do Assunto, Pesquisa, Atividade Computacional, Atividade Experimental, Exercícios.

Outros fatores importantes que este material traz é a quantidade de aulas que será usada em cada Unidade Didática e quais os objetivos que o aluno deverá desenvolver ao final de cada Unidade Didática.

Esse material será de grande ajuda para todos os professores, pois nos direciona passo a passo o detalhamento das aulas. Algo novo, pois nos livros didáticos a metodologia não é apresentada, e na maioria das vezes nós que precisamos estar indo a procura de diversos livros e muitas vezes tendo que criar a metodologia para que a compreensão dos conteúdos seja entendida pelos alunos.

Este matéria irá ajudar o dia a dia de nós professores.

Parabéns pela excelente produção.

Laranjeiras do Sul, 30/03 /2016.

Ritamar Andreetta

