

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO
RECURSO INSTRUCIONAL PARA UMA UNIDADE DIDÁTICA SOBRE A
RELAÇÃO ENTRE FORÇA E MOVIMENTO ***

RENATO DOS SANTOS ROSA

PORTO ALEGRE

2012

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

**TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO
RECURSO INSTRUCIONAL PARA UMA UNIDADE DIDÁTICA SOBRE A
RELAÇÃO ENTRE FORÇA E MOVIMENTO ***

RENATO DOS SANTOS ROSA

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física,
Curso de Pós-Graduação em Ensino de Física,
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Orientadores:

Prof. Dr. Fernando Lang da Silveira

Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

AGRADECIMENTOS

Aos professores Fernando Lang da Silveira e Pedro Fernando Teixeira Dorneles, orientadores desta dissertação, pela dedicação, apoio e incentivo, indicando os caminhos que propiciaram a realização deste trabalho.

Aos professores Marco Antônio Moreira, Eliane Veit, Fernando Lang da Silveira e Pedro Fernando Teixeira Dorneles, por terem me mostrado que ensinar de outras formas é possível, e a todos os professores do mestrado profissional em Ensino de Física da UFRGS, pelos conhecimentos que me oportunizaram.

A todos os amigos e colegas do mestrado profissional, em especial ao Vagner, pelas viagens e estudos compartilhados.

A todos os servidores e alunos do *Campus* Bagé do Instituto Federal Sul-rio-grandense, que contribuíram de maneira efetiva para a aplicação da proposta didática. Em especial, ao professor Roger Porto, pelo apoio técnico, e ao Professor Francisco Teixeira, pela contribuição na redução da minha carga horária.

Aos colegas da CINAT do *Campus* Pelotas do Instituto Federal Sul-rio-grandense. Em especial, à professora Denise Borges Sias, por ter contribuído com a revisão do teste de concepções alternativas e pelas sugestões apresentadas.

Aos meus familiares e amigos, pelo incentivo no desenvolvimento da proposta.

Em especial,

Aos meus pais e a minha irmã pela educação que me proporcionaram e por tudo o que fizeram pela minha formação.

À minha namorada Jael, por todo apoio e confiança.

À professora Jael Sânera Sigales Gonçalves pelas inúmeras revisões linguísticas e sugestões na análise dos dados do questionário.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estruturar uma unidade didática, para o ensino de dinâmica, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação. O estudo envolveu 26 alunos ingressantes do Curso Técnico Integrado em Informática do Campus Bagé do Instituto Federal Sul-riograndense (IFSul), cuja estrutura curricular prevê, para o primeiro semestre, o estudo de Dinâmica. Elaboramos uma proposta didática que abordou a relação newtoniana entre força e movimento, com ênfase nos seus aspectos conceituais, diferentemente das abordagens presentes nas atuais sequências didáticas que privilegiam os aspectos matemáticos. Metodologicamente, as aulas foram distribuídas em 11 encontros de três horas-aula cada, com a utilização de um teste de concepções alternativas, um texto envolvendo alguns aspectos históricos da relação newtoniana entre força e movimento e planejamento de aulas com guias de atividades baseados na utilização do *software Modellus*, do *software Tracker* e de alguns experimentos. Um questionário foi construído para que os alunos pudessem opinar sobre nossa proposta. Todos esses recursos didáticos constituem o produto educacional desta dissertação. A análise dos resultados da aplicação inicial e final do teste indica uma evolução positiva dos escores do pré-teste para o pós-teste, evidenciada por uma diferença estatisticamente significativa entre as respectivas médias. A análise qualitativa dos dados mostra que houve, em relação a muitos objetivos de aprendizagem, avanço em direção aos conceitos científicos, com superação, pelos alunos, das concepções alternativas da relação newtoniana entre força e movimento. Nesse sentido, os resultados sugerem, para futura aplicação, algumas adaptações no material desenvolvido a fim de propiciar, para alguns objetivos de aprendizagem, maior aproximação dos conceitos cientificamente aceitos para a relação newtoniana entre força e movimento. Por fim, a análise do questionário evidenciou que o uso do computador pode ser considerado, pelos alunos, como uma ferramenta útil, desde que associada a outros fatores, como uso de experimentos e interação com o professor.

Palavras-chave: Ensino de física, Aprendizagem significativa, Tecnologia da informação e comunicação.

ABSTRACT

The purpose of the present work was to structure a teaching unit, for the teaching of dynamics, based on Ausubel's meaningful learning theory, with the usage of Communication and Information Technologies. The study involved 26 freshmen students in the Computing Integrated Technical Course at the Bagé Campus of the Instituto Federal Sul-rio-grandense (Sul-rio-grandense Federal Institute), whose curriculum provides, for this initial semester, the study of Dynamics. We elaborated a teaching proposal which approached the Newton's postulate between strong and movement, with emphasis on its conceptual aspects, rather mathematical aspects existing in the current curriculum programs. Methodologically, the classes were distributed in 11 three-hour-class meetings each, with the usage of a test of alternative conceptions, a text involving some historical aspects of the Newton's postulate between strong and movement and class planning with guidelines for the activities based on the usage of the software Modellus, the software Tracker and of some experiments. A questionnaire was developed so that the students could give their opinion concerning our proposal. All these teaching resources set the educational product of this dissertation. The analysis of the results of the initial and final test application indicates a positive evolution of the scores from the pre test to the post test, highlighted by a statistically meaningful difference between the respective averages. The data qualitative analysis shows that there was, in terms of several learning purposes, an advance towards the scientific concepts overcoming the alternative conceptions of the Newton's postulate between power and movement. Therefore, the results suggests that, for future application, some adaptations are made in the material developed in order to provide, for some learning purposes, a closer approach to the scientifically accepted concepts for the Newton's postulate between strong and movement. Finally, the questionnaire analysis highlighted that the computer use may be considered, by the students, as a useful tool as long as it is associated to other factors, such as the use of experiments and interaction with the teacher.

Key words: Teaching of Physics, meaningful learning, communication and information technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema conceitual dos conceitos envolvidos na presente proposta.	35
Figura 2 - Relação entre situações-problema, objetivos de aprendizagem, teste de concepções alternativas, texto com abordagem histórica e desenvolvimento das aulas.....	35
Figura 3 - Concepções apresentadas pelos alunos sobre queda dos corpos.	40
Figura 4 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: lan_vert_I.mdl) de objeto lançado verticalmente para cima.	43
Figura 5 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: lan_vert_II.mdl) de dois objetos lançados verticalmente para cima com velocidades iniciais diferentes.	47
Figura 6 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mov_hor.mdl) do movimento horizontal de três objetos.....	48
Figura 7 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: lan_obliquo_I.mdl) do lançamento oblíquo de um objeto.....	49
Figura 8 - Linhas verticais uniformemente espaçadas.....	50
Figura 9 - Linhas horizontais não-uniformemente espaçadas.	51
Figura 10 - Notas obtidas pelos alunos na avaliação.....	52
Figura 11 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: lan_horizontal_I.mdl) do lançamento horizontal de um objeto em um movimento com atrito.	53
Figura 12 - Móvel se deslocando sobre uma superfície horizontal com o módulo da velocidade constante, submetido a uma força constante de módulo 30N a favor do movimento.....	57
Figura 13 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: objeto_empurrado_I.mdl) representando vetorialmente as forças sobre o objeto apoiado em uma superfície horizontal.	59
Figura 14 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: objeto_empurrado_II.mdl) representando vetorialmente as forças sobre o objeto apoiado sobre uma superfície horizontal e o módulo das forças representadas.	59
Figura 15 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mhs_I.mdl) do movimento de um objeto oscilando em torno de uma posição de equilíbrio.	63
Figura 16 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mhs_II.mdl) do vetor força elástica, mostrando sua variação conforme o móvel se aproxima ou se afasta da posição de equilíbrio.....	64
Figura 17 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mhs_III.mdl) do vetor velocidade e do vetor aceleração.	64

Figura 18 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mhs_IV.mdl) da alteração do valor da massa do objeto e da constante de proporcionalidade do MHS.	65
Figura 19 - Simulação no <i>software Modellus</i> (arquivo eletrônico: mhs_avaliacao.mdl) do Movimento Harmônico Simples - Sistema Massa-Mola.....	74
Figura 20 - Gráfico de barra de erro de um desvio padrão da média para os escores no pré-teste e no pós-teste.	76
Figura 21- Histogramas para os escores no pré-teste e no pós-teste.	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos a serem atingidos pelos estudantes ao final da unidade didática.	30
Quadro 2 - Comparação das respostas sobre as forças sobre o objeto durante o movimento. .	55
Quadro 3 - Respostas dadas para a segunda parte do guia de atividades, sobre grandezas físicas.	56
Quadro 4 - Respostas dadas pelos alunos na atividade experimental sobre Movimento Harmônico Simples.	68
Quadro 5 - Resultados da aferição do período de oscilação fazendo uma medição do período médio para dez primeiras oscilações.	70
Quadro 6 - Triangulação dos dados qualitativos e quantitativos.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística relativa aos escores no pré-teste e no pós-teste.....	76
Tabela 2 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para o aprendizado dos conteúdos trabalhados na unidade didática.	84
Tabela 3 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para motivá-los a aprender.	85
Tabela 4 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para sanar suas dificuldades.....	86
Tabela 5 - Respostas dos alunos sobre os fatores que mais contribuíram durante a aplicação da unidade didática.....	87

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO II - ESTUDOS RELACIONADOS	15
2.1 RELAÇÃO NEWTONIANA ENTRE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA	15
2.2 RECURSOS INSTRUCIONAIS: <i>SOFTWARE MODELLUS</i> E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	18
CAPÍTULO III - REFERENCIAL TEÓRICO	22
CAPÍTULO IV - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
4.1 LOCAL DE APLICAÇÃO.....	26
4.2.1 Objetivo geral.....	29
4.2.2 Objetivos específicos e estratégias de ensino.....	29
4.3 A CONCEPÇÃO DO MATERIAL INSTRUCIONAL: PROPOSTA, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	29
CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 RELATO REFLEXIVO DOS ENCONTROS REALIZADOS	37
5.1.1 Primeiro Encontro: Aplicação do teste de concepções alternativas.....	37
5.1.2 Segundo Encontro: SP 1 - Objetos de pesos diferentes abandonados da mesma altura.....	38
5.1.3 Terceiro e Quarto Encontros: SP 2 - Objeto lançado verticalmente para cima.....	42
5.1.4 Quinto Encontro: SP 3 - Objeto lançado obliquamente	48
5.1.5 Sexto Encontro: Avaliação Individual.....	51
5.1.6 Sétimo Encontro: SP 4 - Objeto lançado sobre um plano horizontal com atrito	53
5.1.7 Oitavo Encontro: SP 5 - Objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito	58
5.1.8 Nono e Décimo Encontro: SP 6 - Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS).....	62
5.1.9 Décimo primeiro encontro: avaliação e aplicação do pós-teste.....	71
5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA: PRÉ E PÓS-TESTE	75
5.3 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	84
5.3.1 Levantamento de fatores que podem ter contribuído para o aprendizado, para a motivação para aprender e para sanar as dificuldades dos alunos	84
5.3.2 Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas.....	87
5.3.3 Avaliação dos alunos sobre o uso do computador	90
5.3.4 Avaliação dos alunos sobre o uso de experimentos	93

CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
REFERÊNCIAS	98
APÊNDICE A	101
APÊNDICE B.....	109
APÊNDICE C	117
APÊNDICE D	120
APÊNDICE E.....	124
APÊNDICE F.....	128
APÊNDICE G	130
APÊNDICE H.....	134
APÊNDICE I.....	136
APÊNDICE J	138
APÊNDICE L.....	141
APÊNDICE M	145
APÊNDICE N	147
APÊNDICE O	148
ANEXO A.....	149
ANEXO B.....	150
ANEXO C.....	151

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

De acordo com o art. 35, inciso II, da Lei de Diretrizes e Bases (LDB, Lei Nº 9.394, de 20 De Dezembro de 1996), o Ensino Médio tem como objetivo, também, consolidar e aprofundar “conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos”. Em se tratando do Ensino de Física no Ensino Médio, porém, essa noção de consolidação e aprofundamento deve, por vezes, ser relativizada. Isso, pois, conforme revela Mees (2004), a exposição do aluno aos conteúdos de Física, antes do Ensino Médio, é bastante restrita, já que encontra obstáculo no nível de conhecimento matemático exigido, ainda não alcançado por um estudante recém egresso do Ensino Fundamental.

Além disso, vemos, cada vez mais, os alunos ingressarem no Ensino Médio sem as bases que deveriam ser aprendidas no Ensino Fundamental, principalmente no que diz respeito à leitura, à interpretação e à matemática básica, tão importantes para o estudo científico do Ensino Médio, especialmente para o estudo de Física. Nesse contexto, e considerando que o presente trabalho foi planejado para ser aplicado em uma turma do 1º Semestre do Curso Técnico Integrado em Informática do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul-*Campus* Bagé) e, ainda, que a estrutura curricular da escola prevê, para esse semestre inicial, na disciplina de Física, o estudo de Dinâmica, elaboramos uma proposta didática que aborda a relação newtoniana entre força e movimento, com ênfase nos seus aspectos conceituais, diferentemente das abordagens presentes nas atuais sequências didáticas que privilegiam os aspectos matemáticos.

No presente trabalho, então, à luz da teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1968, 2000), apresentamos um estudo sobre o ensino de dinâmica que propôs a utilização, em sala de aula, de diversos recursos instrucionais – simulações computacionais, vídeo-análise e atividades experimentais –, fazendo uso, portanto, das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs). A combinação de diferentes recursos didáticos atrelados à presença das tecnologias no ensino de física vai ao encontro do que preconizam os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN⁺), segundo os quais o “uso adequado dos produtos das novas tecnologias é imprescindível, quando se pensa num ensino de qualidade e eficiente para todos” (p. 57).

Veit (2005), ao expor sobre a importância do uso de tecnologia no ensino de Física, ressalta que, especificamente em relação ao uso de modelagem computacional, tal recurso contribui para “a construção e exploração de múltiplas representações de um mesmo fenômeno; a construção e investigação de situações-problemas; o tratamento de problemas mais gerais e atuais; e a desmistificação da imagem de Física com uma disciplina difícil” (VEIT, 2005, p. 5). A autora ressalta, porém, que a eficácia do uso da modelagem computacional, a exemplo de qualquer outra TIC, está intimamente relacionada à escolha, por parte do professor-pesquisador, de “atividades apropriadas”. Para a autora, “atividade apropriada” é uma atividade educacional relevante construída com base em pesquisa e referencial teórico relacionados ao Ensino de Física.

Ainda sobre o uso da modelagem computacional, segundo Araujo, Veit e Moreira (2008), os estudantes, ao perceberem a relevância de algumas relações matemáticas e conceitos físicos, durante as interações com os modelos computacionais demonstraram predisposição para aprender, pois assuntos que previamente pareciam muito abstratos tornaram-se mais familiares e mais concretos. Nesse sentido, Dorneles (2010) ressalta que tais atividades propiciam melhores condições para os alunos interagirem de maneira consciente com as atividades experimentais.

Na concepção deste trabalho, atividade apropriada é aquela potencialmente significativa¹, capaz de promover a alteração dos conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno, em consonância com o que prediz a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968, 2000), que constitui a base teórica do presente trabalho. A proposta didática elaborada enfatiza o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação, e, também, a utilização de alguns aspectos históricos da relação entre Força e Movimento é explorada.

A opção por essa abordagem que envolve aspectos históricos dos conceitos físicos, assim como o uso das TICs, está consoante com o que dizem os PCN:

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico,

¹ Nesta dissertação, as expressões “atividades apropriadas”, “atividade significativa” e “atividade potencialmente significativa” são utilizadas com sinônimas.

substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram. (PCN, p.27)

A realização do presente trabalho se justifica, primeiramente, pelo fato de os resultados serem aplicados para a melhoria da prática profissional de ensino do professor de Física. Em segundo lugar, a literatura da área evidencia a existência de dificuldades conceituais por parte dos alunos para entender a relação newtoniana entre força e movimento, dificuldades estas que comprometem a aprendizagem, uma vez que as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes divergem – e por isso são chamadas “alternativas” – dos conceitos adequados sobre o conteúdo, como já apontam pesquisas como as de Rezende e Barros (2001a, 2001b). Então, admitida a existência das concepções alternativas, faz-se necessário trabalho como o nosso, que busca um ensino que tente ultrapassar tais concepções.

Em terceiro lugar, o trabalho encontra justificativa e relevância relacionadas ao conteúdo abordado na unidade didática proposta: relação newtoniana entre Força e Movimento. O conhecimento acerca desse conteúdo será utilizado pelo estudante em toda sua formação de Física no Ensino Médio, haja vista que o conhecimento da relação entre força e movimento é essencial à aplicação da Mecânica em muitos outros ramos da disciplina.

O trabalho culmina com o desenvolvimento de um material instrucional para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento no Ensino Médio, dando ênfase aos seus aspectos conceituais. Todo o material desenvolvido e que foi aplicado aos alunos está em um CD que constitui o seu produto educacional. Esperamos que a proposta didática que resultou nesta dissertação possa ser aproveitada também por outros professores que trabalham a Física do Ensino Médio na promoção da aprendizagem significativa.

A unidade didática foi implementada no segundo semestre de 2011 em uma turma de 26 alunos ingressantes do Curso Técnico Integrado em Informática do *Campus* Bagé do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul). Nos capítulos que seguem, apresentam-se detalhadamente todos os procedimentos teóricos e metodológicos que nortearam o desenvolvimento do trabalho e os resultados obtidos da sua aplicação.

O próximo capítulo desta dissertação destina-se a alguns estudos relacionados a pesquisas que abordam as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes sobre a relação entre força e movimento e, também, destina-se a exposição de alguns estudos sobre a aplicação das novas tecnologias no ensino de Física.

CAPÍTULO II - ESTUDOS RELACIONADOS

Este capítulo dedica-se à discussão de alguns estudos relatados na literatura pertinentes ao nosso trabalho. O objetivo do presente estudo é a concepção de uma proposta de ensino, baseada na utilização das tecnologias da informação e comunicação, do conteúdo de Força e Movimento, no Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia *Campus Bagé* – cuja estrutura de ensino será posteriormente esclarecida no capítulo destinado à metodologia da pesquisa. É necessária, então, já neste capítulo, uma revisão, ainda que breve, de alguns estudos da literatura sobre os conceitos de Força e Movimento, especificamente sobre modos de abordagem desse conteúdo no ensino de Física, e, também, sobre a utilização das tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física.

Com essa intenção, primeiramente trazemos as ideias de Rezende e Barros (2001a) sobre Força e Movimento. As autoras propõem uma revisão de alguns estudos sobre concepções espontâneas acerca de conceitos de Mecânica, dentre os quais está Força e Movimento. Em seguida, com mais ênfase no conceito de Física sobre o qual se debruça o presente trabalho, damos espaço aos estudos de Rezende e Barros (2001b) e Silveira, Moreira e Axt (1992), em que os autores se dedicam à proposição de testes para a verificação de quais concepções alternativas são apresentadas pelos alunos quando expostos ao ensino de Força e Movimento. Finalmente, tratando de estudos da literatura sobre as tecnologias da informação e comunicação, são trazidas as ideias de Araujo, Veit e Moreira (2004), Araujo (2002) e Dorneles (2005), em que os autores se dedicam a pesquisar atividade didática envolvendo o uso do *software Modellus* e as ideias de Calloni (2010), onde o autor relata atividade de ensino envolvendo a utilização do *software Tracker*.

2.1 RELAÇÃO NEWTONIANA ENTRE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA

Rezende e Barros (2001a) ressaltam que, embora haja professores com consciência sobre a existência de concepções alternativas por parte dos alunos, ainda não incluíram os resultados das pesquisas sobre o tema em sua sala de aula. Nesse sentido, estudando pesquisas realizadas sobre Mecânica na década de 80 e analisando os diferentes resultados, as autoras esperam ajudar os professores a perceberem as dificuldades conceituais dos alunos.

Segundo as autoras, as dificuldades conceituais levantadas “se concentram basicamente nas relações entre força e movimento e a necessidade de considerar as leis de Newton para compreendê-las” (REZENDE; BARROS, 2001a, p. 3). Analisando Viennot (1979) e Clement (1982), Rezende e Barros identificam a concepção de que todo movimento requer a aplicação de uma força, mostrando que os alunos atribuem força nula para corpo com velocidade igual a zero, mesmo quando ele está acelerado, como no caso de um corpo que inverte o sentido da sua velocidade no topo de sua trajetória. Os estudantes também admitem a existência de uma força para o corpo se movimentar com velocidade constante e, ainda, a necessidade de existirem forças diferentes para velocidades diferentes. Resultados importantes foram extraídos do estudo de Champagne *et al.* (1980), mostrando que as ideias sobre movimento apresentadas pelos estudantes eram distintas da mecânica newtoniana. As concepções obtidas dos estudantes são organizadas pelas autoras conforme apresentamos a seguir:

Sempre que uma força é aplicada a um objeto, produz movimento;
Sob a influência de uma força constante, os objetos se movem com velocidade constante;
O módulo da velocidade é proporcional ao módulo da força; qualquer aceleração é devida ao aumento da força;
na ausência de forças, os objetos estão ou em repouso, ou se eles estiverem em movimento, sua velocidade diminui (REZENDE; BARROS, 2001a, p.6).

Nesse sentido, as autoras destacam o estudo de Clement (1982), em que, também, foi identificada a noção de presença de uma força na direção do movimento e de que, quando existe força resistente ao movimento, os estudantes inventam forças a favor do movimento como forma de justificar a continuidade desse movimento. Rezende e Barros ressaltam, ainda, o achado de McDermott (1984), que verificou dificuldades apresentadas pelos estudantes para identificar as causas do movimento circular; quando essas causas cessam, por sua vez, verificaram-se dificuldades para identificar as características do movimento que se segue.

Para as autoras, é consensual, entre os pesquisadores, a importância de se levar em consideração, por parte do professor, o fato de o estudante possuir concepções (REZENDE; BARROS, 2001a, p. 13), muitas vezes contrárias às formalidades da Física. Além disso, é de fundamental importância, segundo os estudos referidos, que as dificuldades causadas por essas concepções sejam incluídas nos planos de ensino da disciplina de Física.

As mesmas autoras, em outro estudo (REZENDE; BARROS, 2001b), mostram que as dificuldades conceituais que os alunos apresentam não são facilmente superadas pelo ensino tradicional, ressaltando que, somado à dificuldade dos conceitos básicos, o ensino tradicional tem priorizado mais os aspectos matemáticos que os conceituais. Nesse estudo, Rezende e Barros (2001b) destacam a possibilidade de utilização de novas tecnologias no ensino, como, por exemplo, simulações de fenômenos físicos no computador, para auxiliar na aprendizagem, propiciando uma transposição das concepções alternativas para um conhecimento conceitual.

Já Silveira, Moreira e Axt (1992), ao pesquisarem a estrutura interna de testes de conhecimento em física, evidenciam que o estudos sobre concepções alternativas já mostraram a importância do conhecimento prévio do aluno e sua influência na aprendizagem de novos conhecimentos. Para os autores, então, é imprescindível que se investigue qual é, afinal, o conhecimento prévio que o estudante tem.

A questão é que, conforme destaca o estudo, pesquisas sobre o tema “têm também mostrado que o conhecimento prévio dos alunos tem significados que frequentemente estão em desacordo com os significados aceitos cientificamente” (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992, p. 187). É nesse ponto que fazemos a identificação de qual é esse conhecimento, para, então, de fato, introduzir ao aluno o conhecimento físico adequado.

Nesse sentido, para auxiliar na obtenção de informações sobre esse conhecimento prévio, os autores indicam que, com base em informações obtidas de entrevistas clínicas – melhor modo de se identificar conhecimento prévio do aluno, porém, não indicado para o ambiente de sala de aula –, deve-se construir e validar um teste – de múltipla escolha, por exemplo – para detectar concepções alternativas, conforme o realizado no estudo acima referido, de Rezende e Barros (2001b).

Ressaltam Silveira, Moreira e Axt (1992) que, apesar da evidente utilidade de testes dessa natureza, o professor-pesquisador deve atentar para o fato de que, ainda que muito relevantes os resultados quantitativos obtidos com a aplicação do instrumento, como os escores finais, os fatores distintos que compõem o teste também têm de ser considerados. Assim, segundo os autores, teremos um teste cujo resultado efetivamente pode implicar a verificação do conhecimento prévio do aluno.

Então, considerando as reflexões encontradas na literatura, especialmente nos três estudos brevemente tratados neste capítulo, o presente trabalho destina-se à criação uma

unidade didática que seja facilitadora da superação das dificuldades de aprendizagem dos estudantes, estruturada com o intuito de que, ao final de sua aplicação, resulte entendimento, por parte do aluno, da relação newtoniana entre força e movimento. Para tanto, utilizamos em nossa proposta o *software Modellus*, o *software Tracker* e atividades experimentais como recursos instrucionais facilitadores para aprendizagem significativa.

2.2 RECURSOS INSTRUCIONAIS: *SOFTWARE MODELLUS* E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste espaço nos dedicamos à exposição de estudos já existentes na literatura que versam sobre o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física. Especificamente, trazemos resultados de pesquisas já realizadas cujas propostas didáticas fizeram uso do *software Modellus* e de vídeo-análise, justamente por serem tais recursos utilizados na unidade de ensino apresentada nesta dissertação.

Araujo, Veit e Moreira (2004) pesquisaram a possibilidade de utilização da modelagem computacional para propiciar atividades didáticas que sejam complementares às tradicionais atividades desenvolvidas em sala de aula. À luz dos pressupostos teóricos ausubelianos, os autores pretenderam, com o estudo, favorecer o desenvolvimento de contexto para a aprendizagem significativa.

Em revisão da literatura com estudos realizados sobre a pertinência do uso de atividade experimental no ensino de Física, os autores deram relevância ao resultado que diz respeito à importância entre a interação entre o estudante e o experimento: conforme os dados da pesquisa, essa interação é fator decisivo na aprendizagem. Tal constatação levou os autores a “considerar a hipótese de que o uso de um *software* de modelagem computacional pudesse, também, contribuir para a efetivação de uma aprendizagem significativa” (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p.170). Para os pesquisadores, então, considerando o uso do computador em sala de aula, a modelagem computacional é o melhor meio de interação dos estudantes com os fenômenos físicos, de modo que lhes propicia discussão sobre os modelos físicos e sua validade.

Diante das diversas ferramentas existentes para modelagem computacional, os autores destacam a utilização do *software Modellus*, que, além de ser um *software* livre e de

distribuição gratuita, permite que o estudante realize experimentos conceituais utilizando modelos matemáticos. Também, eleva a importância do programa o fato de possuir múltiplas representações gráficas, podendo o estudante criar, ver e interagir com as representações desses modelos da Matemática.

Destacam, ainda, que, “do ponto de vista educacional”, o *software* incorpora um modo expressivo e um modo exploratório:

“Em uma atividade de **aprendizagem expressiva**, os alunos podem construir seus próprios modelos matemáticos e criar diversas formas para representá-los. No modo **exploratório**, os alunos podem usar modelos e representações feitos por outros, analisando como grandezas diferentes se relacionam entre si ou visualizando a simulação de um evento físico.” (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p. 181)

Diz-se que o *Modellus* é uma ferramenta cognitiva, pois não substitui habilidades inerentes ao ser humano. Por outro lado, em seu delineamento pedagógico, o *software* é uma ferramenta de auxílio à aprendizagem; é um instrumento de mediação entre o sujeito (professor ou aluno) e o objeto a ser aprendido. No caso da proposta que ora apresentamos, por exemplo, o *Modellus* é o instrumento mediador da relação entre os sujeitos – professor/pesquisador e alunos da turma de aplicação – e o objeto, que é o conteúdo sobre a relação newtoniana entre Força e Movimento.

Araujo, Veit e Moreira (2004) destacam, ainda, que a interação com o programa provoca nos estudantes questionamentos sobre causas e efeitos das suas próprias ações sobre o modelo; o raciocínio causal serve de base para promoção da interatividade do estudante com o *software*. Considerando a importância da interação entre o estudante e o modelo físico, então, os autores acreditam que a modelagem computacional é a ferramenta que melhor proporciona essa interação, possibilitando que os alunos compreendam melhor os fenômenos físicos e discutam os limites de validade de um modelo que venha a representar tais fenômenos.

Os autores finalizam destacando a “importância de pesquisas científicas que se ocupem em investigar de que forma o aprendiz relaciona e compreende os conceitos físicos trabalhados com o uso do computador” (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004, p. 183). É nesse sentido, então, que está a unidade didática que nos propomos apresentar.

Dornelles (2005) também obteve resultados que indicam a facilitação da aprendizagem dos conceitos físicos com a utilização de atividades envolvendo o *software Modellus*. Na

pesquisa, envolvendo alunos da disciplina de Física para cursos de Engenharia, o autor realizou atividades de simulação e modelagem computacional com o *software Modellus* envolvendo o conteúdo de circuitos elétricos e encontrou subsídios que sustentam uma aprendizagem significativa e, ainda, que evidenciam a interação com o computador como elemento motivador para as aulas. Nesse sentido, o autor destaca que “o *Modellus* dispensa qualquer linguagem de programação e a sintaxe de escrita é praticamente a mesma que se usa ao escrever um modelo no papel” (DORDELLES, 2005, p. 80), o que facilita a aproximação do estudante com o *software*.

Araujo (2002), por sua vez, investigou o desempenho de estudantes do primeiro ano do Curso Superior de Física, quando expostos ao uso de modelagem computacional, também pelo *software Modellus*. O estudo, também subsidiado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, evidenciou que os estudantes que se submeteram ao ensino com modelagem computacional obtiveram desempenho superior àqueles obtidos por estudantes expostos ao ensino de Física tradicional. O autor salienta que o uso do programa causa, “além de um interesse natural despertado pelo uso de microcomputadores, os resultados sugerem que a aplicação de atividades de modelagem exerce uma influência positiva na predisposição do indivíduo para aprender Física” (ARAUJO, 2002, p. 50).

Além de fazer uso do *Modellus*, como recurso computacional, nossa proposta didática também lança mão de vídeo-análises, através do *Software Tracker*. Trata-se de uma ferramenta livre de vídeo-análise e modelagem, construída pelo *Open Source Physics* (OSP) Java framework. Foi desenvolvido para ser usado no Ensino de Física, especialmente em laboratórios de informática, em que o professor de Física pretenda fazer análises em vídeo de situações físicas. O programa permite vídeo-análises e modelagem de “posição, velocidade, aceleração sobrepostas e gráficos, filtros de efeito especial, referência a múltiplos quadros, calibração de pontoa, perfil de linhas para análises e modelos de partículas dinâmicas” (BROWN, 2012²). Foi desenvolvido para ser usado como introdução para classes e laboratórios do curso superior de Física.

² BROWN, Douglas. Tracker Video Analysis and Modeling Tool. Disponível em <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>. Acesso em 29 de dezembro de 2012.

Sobre esse programa, e sua aplicação no ensino de Física, destacamos a pesquisa de Calloni (2010). O autor utilizou o *software* em trabalho cujo objetivo era inserir, de forma descontraída e atrativa, o Ensino de Física na 8ª série do Ensino Fundamental. No trabalho proposto pelo autor, os alunos foram responsáveis por filmar movimentos de atividades físicas ou de lazer; tais movimentos foram, então, analisados pelos alunos mediante o uso do *software Tracker*, por vídeo-análises. Com o suporte teórico da Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, o autor alcançou considerações interessantes ao final da implementação da proposta, como:

A motivação, o interesse e a participação ativa dos alunos; a consciência do fato de que a Física não se resume apenas a um conjunto de expressões matemáticas; a percepção de que resultados encontrados em experimentos reais são sempre discutíveis (CALLONI, 2010, p. 58).

Nossa proposta didática, ora apresentada, também espera alcançar resultados positivos, agora fazendo uso tanto do *software Modellus* como do *Tracker*. Para desenvolvermos a proposta, baseamo-nos na Teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel, que apresentamos no capítulo a seguir.

CAPÍTULO III - REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho tem como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (1968, 2000). O conceito de aprendizagem significativa guarda estreita relação com a estrutura cognitiva do aprendiz: nessa estrutura cognitiva, há, segundo a teoria, conhecimentos prévios, ou subsunçores, nos quais os conhecimentos novos se “ancoram”. Essa relação entre conhecimento prévio e conhecimento novo é o subsídio para o entendimento das duas principais características básicas da aprendizagem significativa, segundo Moreira (1997): não-arbitrariedade e substantividade.

A não-arbitrariedade se relaciona ao fato de não ser em qualquer conhecimento prévio que o conhecimento novo se ancora. Por isso, a unidade didática potencialmente significativa deve primar pela ativação dos conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do estudante; daí o fato de a aprendizagem significativa ser não-arbitrária. Se arbitrária fosse, a relação entre o novo e o prévio se daria do contato entre quaisquer conhecimentos; mas não é essa a ideia de aprendizagem significativa a que se refere Ausubel.

A substantividade dessa aprendizagem diz sobre o quê do conhecimento novo, afinal, é incorporado à estrutura cognitiva. Segundo podemos apreender de Moreira (1997), é o significado do conhecimento novo que se incorpora à cognição, e não o significante. Porém, como se pretende que a aprendizagem seja significativa, deve motivar o estabelecimento de relações entre os conhecimentos, o que ficaria inviável caso se apreendessem apenas as palavras com que os conteúdos são transmitidos, por exemplo; é o que diferencia a aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica. Nesse sentido, segundo Ausubel, o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa, estabelecendo, assim, a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento através do subsunçores, dos organizadores prévios.

Moreira (1997), ao tratar da teoria de Ausubel, revela que existem, na abordagem de aprendizagem ausubeliana, duas condições para a ocorrência de aprendizagem significativa: que o material instrucional seja potencialmente significativo e que o aluno tenha disposição para relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento, ou seja, que faça de forma não-arbitrária e substantiva. Na visão do autor, situações-problema podem funcionar como organizadores prévios, podendo ser propostas em níveis crescentes de complexidade, de forma a promover uma diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a

consolidação do novo conhecimento (AUSUBEL, 1968, 2000, apud Moreira et al, 2009, p. 1), princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as ideias mais gerais e mais inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas inicialmente para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus pormenores e em suas especificidades. Já a reconciliação integrativa é o princípio segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades, diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Juntamente com a organização e consolidação, formam “os princípios relativos à programação eficiente do conteúdo” (AUSUBEL, 1968, p. 189).

Segundo Dorneles (2010), os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, apresentados nos anos sessenta do século XX, continuam ainda sendo um dos diferenciais da teoria de Ausubel, o que contribui para essa teoria ser bastante utilizada até os dias de hoje. Isso porque a ideia de que é preciso levar em conta o que o aluno já sabe, nos dias de hoje, já foi incorporada às principais teorias pedagógicas contemporâneas.

Ausubel (2002) propõe distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem baseada na memória (aprendizagem mecânica ou repetitiva). Tanto numa quanto na outra a mesma reprodução do material retido pelo aprendiz é influenciada por fatores de cunho cultural ou atitudinal, e mesmo pelas circunstâncias específicas da reprodução. O autor defende, porém, a superioridade na retenção de conhecimento adquirido mediante uma aprendizagem significativa e não por memória.

É que na aprendizagem baseada na memória, segundo Ausubel, embora não aconteça em um vazio cognitivo (*Id. Ibid.*, p. 29), a relação com a estrutura cognitiva do aprendiz é arbitrária e literal, o que a distancia da aprendizagem potencialmente significativa. Tal arbitrariedade e literalidade implicam algumas consequências para a aprendizagem: (i) o aprendiz só pode apreender tarefas breves e retê-las por um breve período de tempo; (ii) e as tarefas apreendidas são vulneráveis à interferência de outros materiais aprendidos previamente.

A aprendizagem significativa com base na recepção é aquela em que o aluno adquire novos significados a partir do material de aprendizagem que lhe é apresentado. Para tanto, o estudante deve apresentar uma atitude de aprendizagem significativa e o material apresentado

também deve ser potencialmente significativo. São três os tipos de aprendizagem significativa baseada na recepção: representacional; de conceitos; e proposicional.

Segundo o autor, a aprendizagem significativa representacional é a que mais se assemelha à aprendizagem baseada na memória. Trata-se da equiparação de símbolos arbitrários a seus referentes. Ausubel chama esse tipo de aprendizagem de significativa porque

estas proposiciones de equivalencia representacional pueden estar relacionadas de una manera no arbitraria, a modo de ejemplos, con una generalización presente en la estructura cognitiva del casi todo el mundo desde el primer año de vida: que todo tiene un nombre y que el nombre significa cualquier cosa que signifique su referente para la persona que aprende. (AUSUBEL, 2002, p. 26)

Já a aprendizagem de conceitos diz respeito àquela aprendizagem de objetos, eventos, situações e propriedades cujos atributos são comuns e que podem ser representados pelos mesmos signos ou símbolos. Ausubel (*Id. Ibid.*) distingue dois modos distintos para aprender conceitos, a formação de conceitos e a assimilação de conceitos, que acontecem predominantemente entre as crianças e entre adolescentes e adultos, respectivamente. Na formação de conceitos, é pela experiência direta – criação de hipóteses, comprovação e experimentação – que os atributos característicos de cada conceito são adquiridos. No processo de assimilação, o vocabulário de conceitos adquiridos pelas crianças se contribui para a aquisição de novos conceitos, já que o que caracteriza os novos conceitos pode ser definido “mediante el uso, en nuevas combinaciones, de referentes ya existentes disponibles en la estructura cognitiva del niño” (*Id. Ibid.*)

Já a aprendizagem de proposições, que, para Ausubel, é mais complexa que aprendizagem de palavras, tem semelhanças com a aprendizagem representacional. Isso, pois, segundo o autor, numa e noutra, depois que uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativa se relacione e interaja com referentes já existentes na estrutura cognitiva, novos significados aparecem (*Id. Ibid.*, p. 28). A proposição potencialmente significativa, para Ausubel, é uma ideia manifesta em uma expressão cujas palavras têm significados denotativos e conotativos.

Além da aprendizagem significativa proposicional com base na recepção, Ausubel destaca a existência de aprendizagem significativa proposicional com base na descoberta (*Id. Ibid.*, p. 30). A diferença entre uma e outra é que, na recepção, o conhecimento é apresentado

ao estudante, enquanto que na descoberta o estudante é quem deve descobri-lo. Se, na aprendizagem por recepção, os conteúdos são apresentados aos alunos já prontos, sem que tenha nenhum problema para que estes resolvam, na aprendizagem por descoberta, por outro lado, o estudante deve, primeiramente, descobrir os conteúdos criando proposições que lhe ajudem a resolver os problemas que lhe são propostos.

No presente trabalho usamos a Teoria da Aprendizagem Significativa a fim estruturar uma Unidade Didática para o estudo da relação newtoniana entre força e movimento. O presente capítulo pretendeu, expor as principais ideias dessa teoria. No capítulo seguinte, dedicamo-nos aos procedimentos metodológicos para a construção e implementação da proposta.

CAPÍTULO IV - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, expomos acerca dos procedimentos metodológicos que adotamos para a construção da proposta didática aplicada. Primeiramente, na primeira seção, descrevemos o local de aplicação, ressaltando aspectos relativos à estrutura da escola e ao currículo do Curso em que se desenvolveu a proposta. Também, neste momento, expomos acerca das características da turma em que se deu a aplicação, sobre os alunos que a integram, especialmente em termos de idade e sexo. Na segunda seção, tratamos dos objetivos da elaboração desta proposta didática, para, em seguida, na terceira seção, expomos acerca da concepção do material instrucional, elucidando a proposta, seus objetivos de aprendizagem e instrumentos.

4.1 LOCAL DE APLICAÇÃO

A proposta didática foi aplicada em uma turma ingressante do Curso Técnico em Informática – Forma Integrada – do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), *Campus Bagé*.

O Campus Bagé ainda está em implantação no IFSul. Teve suas atividades didáticas iniciadas no segundo semestre de 2010, sendo a turma em que o projeto foi aplicado a terceira ingressante no curso Técnico Integrado em Informática. A realidade encontrada nas duas primeiras turmas do curso mostra que os alunos ingressam no Ensino Médio com grande deficiência de conhecimentos que deveriam ser adquiridos ao longo do Ensino Fundamental, especialmente na disciplina de matemática, tão fundamental para o Ensino de Física. Soma-se a esse fato o elevado índice de reprovação no semestre inicial dos cursos integrados dos outros campi do IFSul, principalmente nas disciplinas de física e matemática, o que reforça a necessidade de se pensar diferentes estratégias didáticas para os alunos que estão chegando ao Ensino Médio em uma escola de formação técnica.

A construção do currículo do curso foi organizada para que o primeiro semestre aproximasse o estudante do Ensino Médio. Foi com esse propósito que, antes do início das atividades do *Campus Bagé*, os professores – entre os quais se insere o autor do presente trabalho –, reunidos, montaram o currículo do curso integrado de Informática, objetivando que o primeiro semestre fosse um semestre de adaptação, de crescimento na base – leitura,

interpretação e matemática básica. Ainda sobre o currículo do curso, não só a unidade didática em questão, mas toda a estrutura curricular dos semestres iniciais foi baseada em aspectos conceituais e não em aspectos matemáticos, com o objetivo de dar uma formação sólida na física conceitual e um amadurecimento ao estudante no seu ingresso ao Ensino Médio integrado com o Ensino Técnico, deixando o tratamento matemático, especialmente a álgebra vetorial, para o terceiro semestre letivo. Assim, a estrutura prevê para o primeiro semestre (Anexo A) o estudo dos movimentos retilíneos, curvilíneos e oscilatórios, introduzindo grandezas, como por exemplo, força, velocidade e aceleração. Já no segundo semestre (Anexo B), são aprofundados conceitos de impulso, quantidade de movimento, trabalho, energia e suas transformações. Por fim, no terceiro semestre (Anexo C) os aspectos matemáticos começam a ser aprofundados com o estudo da álgebra vetorial e sua aplicação na Dinâmica, abordando questões vetoriais no estudo de força peso, força normal, força elástica, força de atrito em diferentes situações de aplicação das leis de Newton.

Considerando esses aspectos curriculares da turma em que implementaríamos a proposta, construímos uma unidade didática, baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL 1968, 2000), que, metodologicamente, privilegiasse os aspectos conceituais em relação aos matemáticos. Devemos ressaltar, porém, que não propomos prescindir dos aspectos matemáticos no ensino de Física – fundamentais à formação do estudante de física secundário. Nossa intenção, por outro lado, é propiciar um entendimento teórico e conceitual para que, em etapas posteriores da aprendizagem, o aluno possa relacionar tais conceitos com as fórmulas e cálculos necessários para sua completa formação.

O currículo do curso Técnico Integrado em Informática prevê, para o primeiro semestre letivo, três horas-aula semanais da disciplina de Física e, em relação ao conteúdo, determina o estudo de Dinâmica, mais especificamente o estudo relativo ao movimento dos corpos. Então, baseada na estrutura curricular e na dificuldade observada pela experiência profissional – dificuldade com os conhecimentos matemáticos –, a unidade didática proposta tem como objetivo um estudo conceitual da relação entre força e movimento, e sua construção foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Em relação à aplicação da proposta, utilizou-se de aulas concentradas ao invés das tradicionais aulas separadas, fragmentadas em períodos de aula distribuídos ao longo da semana. Da nossa leitura de Ausubel (1968), entendemos que, por obediência aos princípios de diferenciação progressiva, reconciliação integradora e organização sequencial e

consolidação, tal opção metodológica pode propiciar melhores condições para o desenvolvimento desses princípios em cada aula, pois dessa forma será possível realizar uma exposição inicial, os alunos desenvolver os guias e ao final discutir os conceitos trabalhados durante a aula . Geralmente, quando a disciplina possui três aulas semanais, é comum que seja organizada de forma a colocar duas aulas em sequência em um dia e a outra aula isolada em outro dia.

Ao contrário dessa distribuição tradicional, as aulas em que se aplicou o presente projeto foram organizadas de maneira que houvesse apenas um encontro semanal, com três períodos consecutivos. Essa organização foi feita considerando o contexto da turma de aplicação da proposta: trata-se de uma turma ingressante no Ensino Médio, com média de idade de 15,1 anos, o que requer atenção quanto à dispersão e à concentração dos alunos.

A unidade didática que propusemos visou propiciar melhores condições para o estabelecimento de uma dinâmica de sala de aula baseada nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Por obediência a esses princípios, então, os primeiros 30 minutos de aula são dedicados a uma exposição teórica e à apresentação de situações-problema introdutórias. Na sequência, os alunos, em pequenos grupos, interagem com recursos instrucionais trabalhando em um guia, contendo situações-problema mais complexas e, assim, realizarem a diferenciação progressiva dos conceitos abordados na exposição teórica. No último período de aula, é feita uma discussão com todo o grupo sobre os resultados atingidos, estabelecendo-se relações entre os conceitos mais gerais e específicos envolvidos na aula (reconciliação integradora).

A unidade didática foi aplicada no segundo semestre de 2011 em uma turma ingressante de 26 alunos com média de idade de 15,1 anos, sendo o aluno de menor idade com 14 anos e o de maior idade com 20 anos. Desses 26 alunos, 15 são meninos e 11 são meninas.

A seguir, apresentamos os objetivos que buscamos alcançar com o desenvolvimento do trabalho.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 Objetivo geral

Estruturar uma unidade didática, para o ensino de dinâmica, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa e que utilize diversos recursos instrucionais (simulações computacionais, vídeo-análise e atividades experimentais).

4.2.2 Objetivos específicos e estratégias de ensino

Em decorrência do objetivo geral traçado na subseção anterior, temos o seguinte objetivo específico:

- Estruturar uma unidade didática para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento, enfatizando os aspectos conceituais mais do que os aspectos matemáticos.

Para alcançar esses objetivos específicos, temos as seguintes estratégias de ensino:

- Utilizar situações-problema para superação das dificuldades conceituais e das concepções alternativas no estudo de força e movimento, apresentadas pelos alunos.

- Formular uma revisão conceitual, com tópicos históricos, sobre força e movimento, que sirva de organizador prévio, para relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios.

- Utilizar tecnologias da informação e comunicação no ensino de Força e Movimento.

Tendo em vista esses objetivos, na seção seguinte, apresentamos a concepção do material instrucional, de modo a elucidar a proposta, seus objetivos de aprendizagem e os instrumentos de medição.

4.3 A CONCEPÇÃO DO MATERIAL INSTRUCIONAL: PROPOSTA, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E INSTRUMENTOS DE MEDIDA

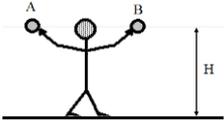
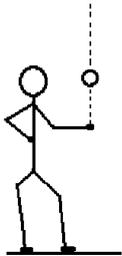
Conforme já exposto, temos como objetivo a construção de uma unidade didática para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento, utilizando diversos recursos didáticos. Por essa razão, nesta seção, vamos demonstrar os diferentes recursos utilizados na

concepção da proposta, para posteriormente, no capítulo de resultados, apresentarmos a dinâmica das aulas e os resultados obtidos na aplicação desses recursos. Por ora, o que pretendemos, nesta seção, é explicar os diferentes instrumentos utilizados.

Nosso ponto de partida para a construção da unidade didática foi o estabelecimento de seis situações-problema. Essas situações nortearam tanto a concepção quanto o desenvolvimento das atividades e a avaliação da aprendizagem dos estudantes. Para todas as situações, estabelecemos um conjunto de objetivos de aprendizagem a serem atingidos pelos estudantes ao final da unidade didática (Quadro 1).

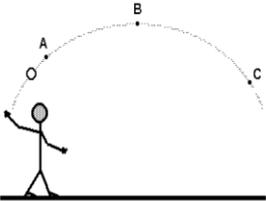
Quadro 1 - Objetivos a serem atingidos pelos estudantes ao final da unidade didática.

Fonte: do autor

RELAÇÃO NEWTONIANA ENTRE FORÇA E MOVIMENTO		
Relação entre cada uma das situações-problema, seus respectivos objetivos de aprendizagem e as questões do teste de concepções alternativas as quais se referem.		
Situações-problema	Objetivos de Aprendizagem - o aluno deverá identificar que:	Questões do teste
<p>1^a – Objetos de pesos diferentes abandonados da mesma altura</p> 	<p>1.1 – no movimento de queda livre, os objetos de pesos diferentes sofrem a mesma aceleração (aceleração da gravidade);</p> <p>1.2 – objetos abandonados de uma mesma altura no mesmo instante de tempo atingirão o solo juntos com a mesma velocidade;</p>	5
<p>2^a – Objeto Lançado Verticalmente para Cima</p> 	<p>2.1 – um objeto lançado verticalmente para cima, desprezando-se as ações do ar, encontra-se submetido a apenas uma força, a força gravitacional (força peso);</p> <p>2.2 – no ponto culminante da trajetória, o objeto atinge velocidade igual a zero;</p> <p>2.3 – durante a subida o módulo da velocidade do corpo diminui porque a força resultante está em sentido contrário à velocidade (movimento retardado);</p>	1, 2, 3 e 4

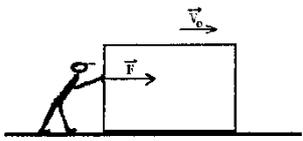
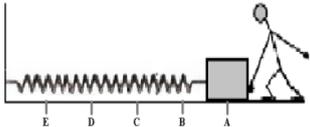
Continua

Continuação

	<p>2.4 – durante a descida, o módulo da velocidade aumenta porque a força resultante está no mesmo sentido da velocidade (movimento acelerado).</p>	
<p>3^a – Objeto lançado obliquamente</p> 	<p>3.1 – o movimento do projétil, sem resistência do meio, pode ser decomposto em dois movimentos independentes: na horizontal é um movimento com velocidade constante e na vertical é um movimento com aceleração constante (aceleração de queda livre);</p> <p>3.2 – quando o objeto atinge a altura máxima, o módulo da componente vertical da velocidade é igual a zero;</p> <p>3.3 – a componente da velocidade vertical do objeto varia pois o movimento tem aceleração vertical constante;</p> <p>3.4 – o módulo da componente da velocidade horizontal não varia no decorrer do movimento porque o objeto não está submetido à ação de força na direção horizontal</p>	6, 7 e 8
<p>4^a – Objeto lançado sobre um plano horizontal com atrito</p> 	<p>4.1 – em um objeto lançado e deslizando sobre uma superfície horizontal com atrito, a força resultante sobre ele é a força de atrito;</p> <p>4.2 – o sentido da força de atrito é oposto ao sentido da velocidade relativa de escorregamento entre as duas superfícies de contato;</p> <p>4.3 – o módulo da velocidade do objeto diminui (movimento retardado) porque a força resultante possui sentido contrário ao da velocidade;</p>	12 e 13

Continua

Continuação

	4.4 – após o lançamento, a força de atrito cinética só existe enquanto o objeto estiver deslizando sobre a superfície.	
<p>5ª – Objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito</p> 	<p>5.1 – estando o corpo em repouso, quando a intensidade da força motora for igual ou menor do que a intensidade da força de atrito estático máximo, o objeto não entra em movimento.</p> <p>5.2 – quando a intensidade da força motora é igual à intensidade da força de atrito cinético, o objeto se movimenta com velocidade constante (força resultante nula).</p>	9, 10 e 11
<p>6ª – Objeto executando um MHS</p> 	<p>6.1 – um objeto em Movimento Harmônico Simples (MHS), preso a uma mola, está submetido à força elástica exercida pela mola;</p> <p>6.2 – a força elástica é uma força restauradora, sendo seu módulo proporcional à distância em relação ao ponto de equilíbrio e seu sentido sempre apontando para esse ponto.</p> <p>6.3 – quando o objeto executa um MHS, no ponto de equilíbrio a velocidade é máxima e nos pontos de máximo afastamento em relação ao ponto de equilíbrio a velocidade é nula.</p>	14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20

Essas situações-problema foram exploradas em um teste de concepções alternativas relativo à relação newtoniana entre força e movimento (Apêndice A), que adaptamos da literatura (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992; REZENDE; BARROS, 2001a). O teste é de múltipla escolha, composto por questões retiradas de outros testes da mesma espécie e por novas questões que foram propostas especificamente visando à elaboração da unidade didática que ora propomos. Cada questão do teste estava relacionada a uma situação-problema.

O objetivo do teste foi, inicialmente, verificar a presença de concepções alternativas apresentadas por parte dos alunos para que, posteriormente, pudéssemos elaborar uma

unidade didática apropriada ao desenvolvimento do conteúdo a ser trabalhado. Isso, pois, conforme Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos e a aprendizagem significativa, por sua vez, ocorre em contexto de atividades apropriadas.

O teste foi aplicado no primeiro encontro com a turma e os resultados dessa aplicação serão apresentados no Capítulo V, que traz os resultados do desenvolvimento da unidade didática aqui proposta.

No encontro seguinte à aplicação do teste de concepções alternativas, foi entregue aos alunos um texto (Apêndice B), produzido com base em publicações da literatura, que aborda a relação histórica entre força e movimento, considerado fundamental para a aplicação da proposta, uma vez que, conforme relato nos estudos relacionados, os alunos possuem concepções alternativas de força e movimento que se assemelham às ideias pré-galileanas.

Nesse sentido, o texto busca confrontar, através de situações-problema, a “mecânica alternativa” com a mecânica de Galileu e Newton, e, dessa forma, pretende funcionar como organizador prévio, a fim de motivar os alunos a relacionar os novos conhecimentos com os conhecimentos anteriores, ou seja, com as concepções alternativas.

Considerando a existência de concepções alternativas apresentadas pelos alunos e estabelecidos os organizadores prévios do conhecimento, a unidade didática foi estruturada para trabalhar aspectos conceituais que objetivavam uma aprendizagem significativa dos movimentos retilíneos e oscilatórios, de maneira que o aluno, ao fim da aplicação, entendesse a influência que uma ou mais forças nos diferentes tipos de movimento.

Para tanto, as aulas foram organizadas de maneira a desenvolver o estudo das seis situações-problema utilizadas no teste de concepções alternativas, propostas em um nível crescente de dificuldade, de forma a propiciar uma diferenciação progressiva e uma reconciliação integradora (AUSUBEL, 1968, 2000, *apud* HERSCOVITZ; MOREIRA; ROCHA, 2009, p.1). Conforme Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), as situações-problema “preparam o terreno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar”.

Então, ao longo dos encontros programados para o desenvolvimento da proposta, abordamos os seguintes tópicos: relação histórica entre força e movimento; grandezas

escalares e vetoriais; referencial, repouso e movimento; leis de Newton do movimento; estudo dos diferentes tipos de forças; e estudo dos movimentos retilíneos e oscilatórios.

Para aplicação da unidade didática, além do teste de concepções alternativas e do texto referente à abordagem histórica do conteúdo, outros recursos didáticos foram utilizados, como por exemplo, guia de atividades para aplicação em sala de aula e, em especial, atividades utilizando das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Procuramos conceber os guias segundo um método denominado de PIE – Predizer, Interagir e Explicar – adaptado do método POE – Predizer, Observar e Explicar – proposto por Tao e Gunstone, (1999). Segundo Dorneles, Araujo e Veit (2012):

No PIE, inicialmente são apresentadas perguntas sobre a evolução de determinada situação física e os alunos são convidados a **predizer**, antes de qualquer interação com o recurso computacional ou experimental, o que acontecerá. A seguir os alunos devem **interagir** com a simulação computacional ou com o material experimental para gerarem resultados e então avaliarem o que efetivamente ocorre e, finalmente, devem **explicar** as divergências e convergências de suas previsões em relação ao que foi observado. (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2012, p. 103)

Para uso das TICs, as situações-problema foram relacionadas com simulações de computador, utilizando o *software Modellus* e, também, foram inseridas em atividades experimentais a um *software* educacional que possibilita vídeo-análise, especificamente ao *Tracker*.

A metodologia proposta, então, visa ao entendimento da relação newtoniana entre força e movimento; mais especificamente, visa à compreensão de diferentes tipos de movimentos e a forma como as forças estão atuando neles. Por isso, estruturamos um esquema conceitual dos conceitos envolvidos no presente na proposta e que foram objeto de estudo por parte dos alunos durante a implementação das atividades. Esse esquema conceitual é apresentado na Figura 1, a seguir.

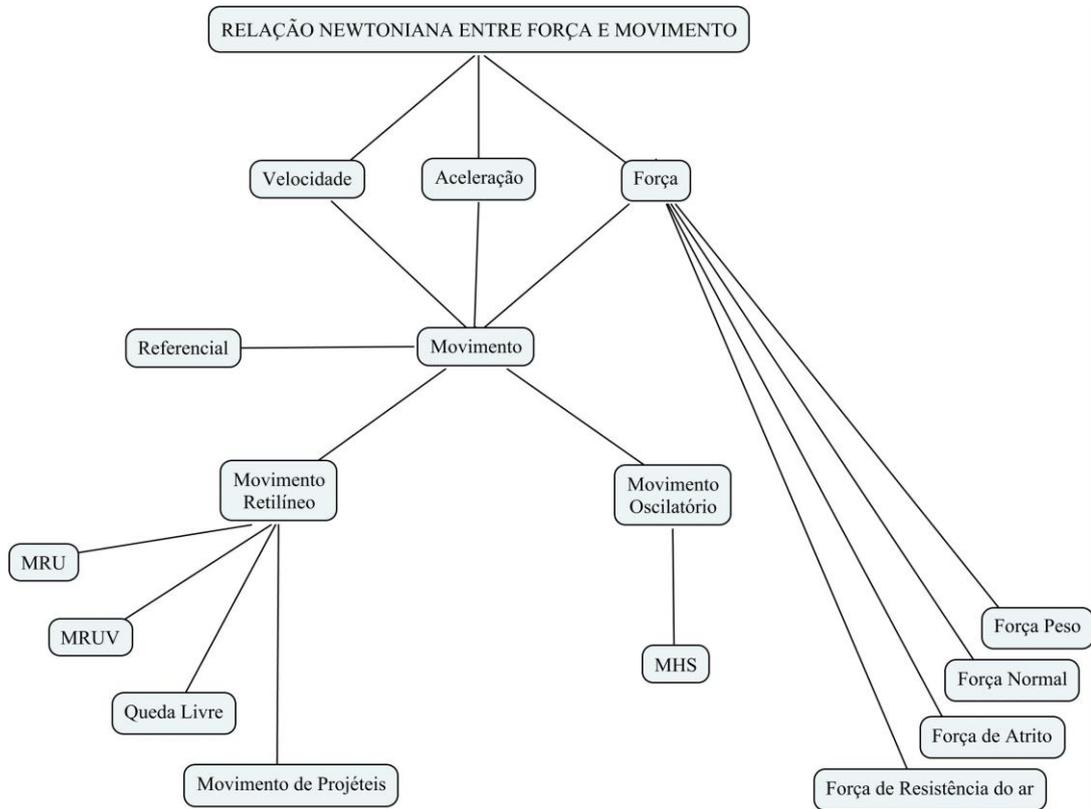


Figura 1 - Esquema conceitual dos conceitos envolvidos na presente proposta.
Fonte: do autor

Conforme já exposto, a unidade didática é norteada por seis situações-problema. Pretendeu-se propor situações-problema para estruturação da proposta e seus respectivos objetivos de aprendizagem (Quadro 1), relacionando ao teste de concepções alternativas, bem como ao texto que aborda a relação histórica entre força e movimento e, conseqüentemente, ao desenvolvimento das aulas. Tal relação é ilustrada na Figura 2, abaixo.

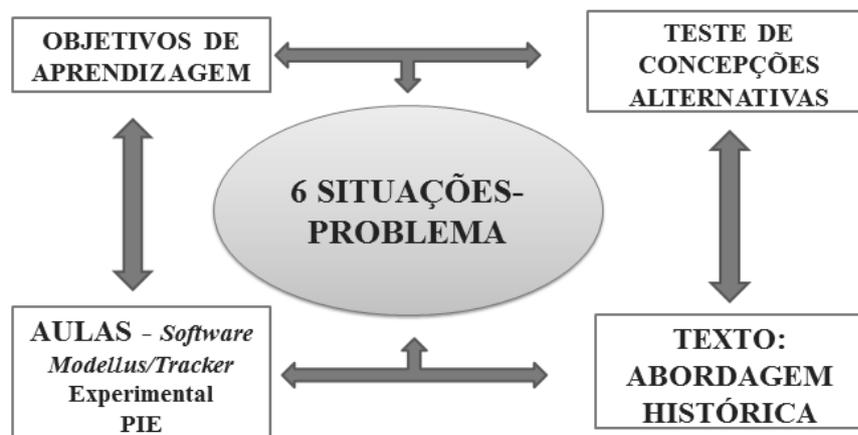


Figura 2 - Relação entre situações-problema, objetivos de aprendizagem, teste de concepções alternativas, texto com abordagem histórica e desenvolvimento das aulas.

Fonte: do autor

Conforme observamos acima, utilizamos diversos recursos instrucionais, tais como, teste de concepções alternativas, texto com uma abordagem evidenciando alguns aspectos históricos da relação entre força e movimento e TICs. Para o estudo das seis situações-problema, por parte dos alunos, fizemos uso do *software Modellus*, além de atividades experimentais e atividades de vídeo análise (*software Tracker*). Utilizamos 33 horas-aula, divididas em 11 encontros de 3 horas-aula cada; as atividades realizadas nas aulas e o resultado da aplicação do material instrucional são apresentados no capítulo que segue desta dissertação.

CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, dedicamo-nos à apresentação dos resultados da aplicação da proposta didática. Estrutturamos este espaço de forma a trazer um relato reflexivo dos encontros realizados, uma análise quantitativa da aplicação inicial e final do teste de concepções alternativas e, por fim, a análise do questionário em que os alunos manifestam suas opiniões acerca do trabalho realizado.

5.1 RELATO REFLEXIVO DOS ENCONTROS REALIZADOS

Nesta seção, relatamos reflexivamente os encontros realizados. Como exposto no capítulo desta dissertação destinado aos procedimentos metodológicos da construção e da aplicação da proposta, o que denominados “encontro” é constituído de três períodos de aula de 45 minutos cada um, aqui denominados de “aula”. A seguir, então, passamos a relatá-los.

5.1.1 Primeiro Encontro: Aplicação do teste de concepções alternativas

No primeiro encontro, apresentamos aos alunos o projeto que iria ser desenvolvido durante as aulas seguintes, os detalhes da proposta, o conteúdo a ser estudado e a forma de avaliação. Nesse dia, entregamos aos alunos um termo de consentimento para que os pais assinassem e ficassem cientes da proposta que seria desenvolvida ao longo do semestre (Apêndice C). O conteúdo desse termo já havia sido comunicado aos pais dos alunos em reunião realizada na primeira semana de aula, com a presença dos pais dos alunos ingressantes no semestre letivo. Nessa reunião, tanto o professor da disciplina quanto a supervisão pedagógica da escola apresentaram, aos pais, o objetivo da pesquisa em Ensino de Física que estava por se realizar, pautada pela melhoria da aprendizagem dos alunos.

Após esse detalhamento do conteúdo, aplicamos o teste de concepções alternativas (Apêndice A), objetivando verificar quais eram os subsunçores apresentados pelos alunos, a fim de considerar esse conhecimento prévio no desenvolvimento das aulas. Tal teste, realizado nesse primeiro encontro com os alunos, será identificado, neste trabalho, como “pré-teste”.

Os resultados obtidos da aplicação desse pré-teste serão apresentados na seção deste capítulo destinada à análise quantitativa do desempenho que os alunos obtiveram no teste antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do desenvolvimento das aulas.

Nesse primeiro encontro, então, a aula transcorreu normalmente; os alunos não apresentaram dúvidas maiores a respeito do projeto a ser aplicado nem tampouco sobre o teste a ser resolvido.

5.1.2 Segundo Encontro: SP 1 - Objetos de pesos diferentes abandonados da mesma altura

No segundo encontro, aplicamos o texto *Uma breve discussão histórica sobre as concepções de movimento e força* (Apêndice B). O texto propõe uma discussão das concepções entre força e movimento, partindo de uma perspectiva histórica, iniciando com as ideias pré-galileanas sobre força e movimento e chegando ao conceito de inércia com a física de Galileu e Newton. A opção por essa abordagem envolvendo aspectos históricos, conforme já relatado em diferentes seções desta dissertação, está baseada tanto nos PCNs – que prescrevem a Física trabalhada de uma perspectiva histórica e cultural, deixando no estudante a visão de uma ciência construída ao longo do tempo e não um processo único e finalizado – quanto nos relatos da literatura (REZENDE; BARROS, 2001a; REZENDE; BARROS, 2001b; SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992) que identificam, nos estudantes, concepções alternativas, aproximadas das ideias pré-galileanas, sobre a relação newtoniana entre força e movimento.

Em razão dessa constatada concepção alternativa, o texto começa com a Física aristotélica, passando pela Física galileana e chegando à física newtoniana. Estruturamos o texto a partir de duas situações físicas hipotéticas. A primeira situação relaciona-se com a primeira situação-problema do quadro de objetivos de aprendizagem (Quadro 1: objetivos de aprendizagem 1.1 e 1.2) e busca confrontar a noção intuitiva do estudante sobre queda dos corpos, propondo uma discussão sobre esse fenômeno físico. Inicia com a explicação aristotélica sobre queda dos corpos e chega ao pensamento de Galileu, introduzindo as ideias que abordam a influência do meio resistivo no movimento e a interpretação do movimento na ausência de um meio resistivo. A segunda situação do texto busca aprofundar a discussão

sobre o movimento dos corpos na presença de um meio resistivo e sobre a idealização de um meio sem resistência alguma. Para tanto, a segunda parte do texto tem como ponto central a discussão acerca do conceito de inércia.

Em relação à dinâmica do encontro, os instantes iniciais serviram para apresentação da problematização, com a apresentação das duas situações hipotéticas. Em um segundo momento, os alunos receberam o texto e realizaram a atividade de leitura, interpretação e respostas às situações que envolviam a dinâmica do texto. Por fim, com o grupo todo, foi feita uma apresentação do texto pelo professor, a fim de discutir as ideias nele apresentadas e as repostas dadas pelos alunos às situações abordadas na dinâmica do texto. Assim, os estudantes foram expostos a uma dinâmica de aula que introduziu os conteúdos através de situações-problema; também, desenvolvem suas atividades com uma diferenciação progressiva dos conceitos presentes no texto. Por fim, na discussão mediada pelo professor, foi feita a reconciliação integradora desses conceitos.

Alguns pontos dessa aula, que se referem aos objetivos de aprendizagem 1.1 e 1.2, ou seja, à primeira parte do texto, devem ser ressaltados no que diz respeito ao comportamento dos alunos na interação com o texto, de forma a buscar evidências de possíveis aproximações para os conceitos cientificamente aceitos, uma vez que o texto confronta esses conceitos com a noção intuitiva, apresentada pelos alunos, sobre o movimento dos corpos.

No texto, os alunos foram inicialmente expostos à seguinte situação hipotética:

Imagine que você e um amigo estão no alto de um prédio de 13 andares, você com uma bola de couro, com 2 kg, e o seu amigo com uma bola de plástico, com 1 kg, ambas com mesmo tamanho. Daí, seu amigo lhe propõe um desafio: quer saber qual bola, se a dele ou a sua, chegará primeiro à calçada, lá embaixo. Considerando que você e seu amigo abandonaram as duas bolas ao mesmo tempo, qual das bolas chegou primeiro ao solo, foi a sua, a de seu amigo ou as duas ao mesmo tempo? Por quê?

Conforme mostra o gráfico abaixo (Figura 3), dos 26 alunos que participaram da pesquisa, 16 apresentaram respostas que evidenciam a presença de concepções alternativas.

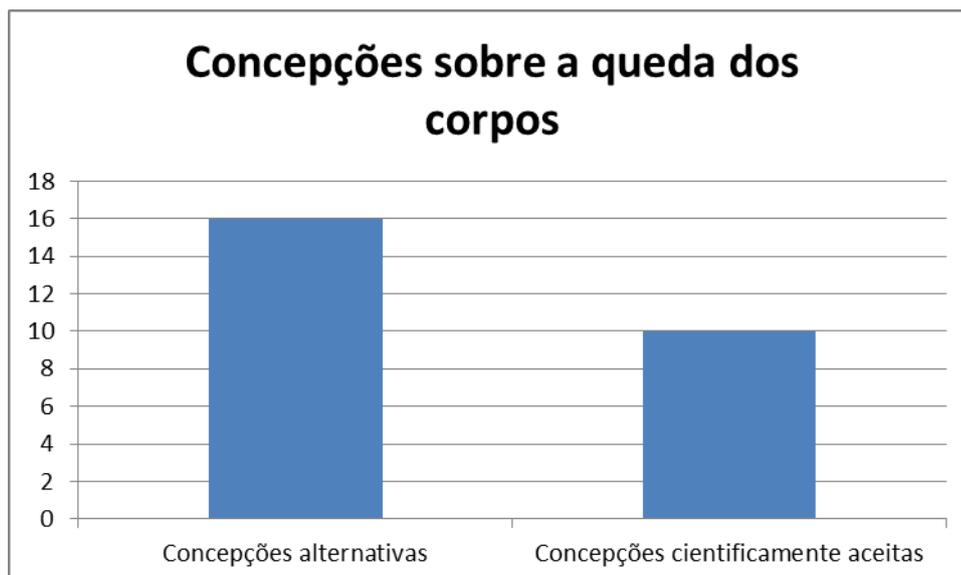


Figura 3 - Concepções apresentadas pelos alunos sobre queda dos corpos.
Fonte: do autor

Dos 16 alunos que apresentaram concepções alternativas, a maioria respondeu com ideias que são consistentes com a concepção de que o peso decide a rapidez da queda, concordando nesse aspecto com a ideia aristotélica. Apresentamos algumas dessas respostas:

“A primeira bola, porque ela é mais pesada (2kg) e por isso cai mais rápido que a segunda (1kg)”. (aluno 17)

“Eu acho que a minha chegou primeiro. Porque a minha é mais pesada e tem mais densidade.” (aluno 16)

“A bola de couro chegou primeiro. Por que sendo mais pesada, ela é mais rápida na queda.” (aluno 11)

“A bola de couro com 2kg, pois por ter uma massa maior que a de plástico tem mais tendência a chegar primeiro pois a bola de 1kg tem menos massa, demorando mais na ‘descida’.” (aluno 26)

“A bola que estava comigo, porque a bola que tem maior peso ganha mais velocidade em menos tempo e o que pesa menos a velocidade aumenta devagar.” (aluno 18)

Após responderem à situação acima, os alunos fizeram a leitura do texto, estudando as ideias aristotélicas e galileanas sobre a queda dos corpos e, novamente, foram chamados a refletir sobre a situação hipotética da queda dos corpos. Eles responderam aos seguintes questionamentos:

Perceba que interessante! Parece que Galileu não concordava muito com o que pensava Aristóteles, não é mesmo? Qual ideia Aristotélica foi desacreditada por ele sobre a Queda dos Corpos? Segundo Galileu, o que diferencia o tempo de queda dos corpos é a diferença de pesos? E sobre o seu problema e de seu amigo, qual seria a opinião de Galileu sobre que objeto chegaria primeiro ao solo?

Apresentamos abaixo algumas respostas que sugerem aproximações às concepções cientificamente corretas.

“Tudo iria depender da resistência do ar, como foi largado de um prédio o objeto mais pesado chegaria primeiro.” (aluno 10)

“A teoria que Galileu desacreditou foi a de que os objetos caíam com maior ou menor velocidade de acordo com a proximidade de ‘seu elemento’. Ele criou a teoria de que os objetos caíam influenciados pelo vento na velocidade da queda. De que a bola de couro cairá primeiro pois teria maior facilidade em ‘cortar’ o vento.” (aluno 26)

“Sim, ele não concordava que a diferença de uma bola em relação à outra é pela sua matéria, e sim pela resistência que o ar proporcionaria ao movimento, acho que falaria que a diferença entre a queda estaria relacionada com a resistência que o ar proporciona ao objeto mais pesado, que teria mais aceleração e chegaria primeiro ao solo.” (aluno 24)

“Galileu desconsiderava a ideia de movimento natural, de Aristóteles, segundo ele, o fator que diferencia o tempo de queda dos objetos é a resistência do ar sobre o movimento dos objetos. Sobre o problema, segundo Galileu, dependeria da resistência do ar, mas os objetos cairiam com a mesma aceleração, portanto, ao mesmo tempo.” (aluno 19)

As respostas acima indicam que o texto propiciou, para alguns alunos, o entendimento de que a diferença no tempo de queda dos corpos está relacionada com o modo como o meio (ar) influencia no movimento. Quando indagados a respeito do movimento sendo executado no vácuo, os alunos apresentaram respostas que sugerem o entendimento das idéias de Galileu abordadas no texto.

“Os dois cairiam juntos, porque é desprezada a ação do ar.” (aluno 17)

“Se o experimento fosse realizado no vácuo, ambos objetos chegam ao mesmo tempo no chão, não importa se fossem mais pesados ou mais leves.” (aluno 3)

“Ambas as bolas chegariam ao mesmo tempo, pois sem o atrito do ar não haveria nenhuma força as atrasando.” (aluno 21)

“Não haveria resistência do ar, e até mesmo uma pena e uma bola de boliche, largadas ao mesmo tempo e da mesma altura, chegariam ao solo ao mesmo tempo.” (aluno 14)

“As duas bolas sofreriam a mesma aceleração, por isso chegariam ao solo juntas, independente da massa de cada uma.” (aluno 23)

“Os objetos cairiam com a mesma aceleração e atingiriam o solo juntos com a mesma velocidade.” (aluno 6)

Em relação aos objetivos de aprendizagem propostos, 1.1 - no movimento de queda livre (no vácuo), os objetos de pesos diferentes sofrem a mesma aceleração (aceleração da gravidade) - e 1.2 - objetos abandonados de uma mesma altura no mesmo instante de tempo atingirão o solo juntos com a mesma velocidade – avaliamos que o texto contribuiu de maneira efetiva para que os alunos alcançassem esses objetivos e se aproximassem das concepções cientificamente aceitas a respeito do movimento de queda dos corpos. Após a interação com o texto, dos 26 alunos, 23 responderam as questões referentes à queda dos corpos de acordo com as ideias galileanas.

Por fim, devemos ressaltar que a segunda parte do texto, a qual abordou o conceito de inércia, não estava relacionada de maneira específica com nenhum dos objetivos de aprendizagem apresentados no Quadro 1, mas, sim, com o contexto geral da proposta didática. Considerando que o ponto central da discussão dessa segunda parte do texto foi o estudo do movimento na presença e na ausência de meio resistivo, nosso objetivo foi propor um organizador prévio para que pudéssemos discutir, nos encontros posteriores, tanto o movimento de queda livre (no vácuo), quanto o movimento de objetos deslizando em superfícies não lisas, ou seja, os movimentos influenciados pela presença da força de atrito.

5.1.3 Terceiro e Quarto Encontros: SP 2 - Objeto lançado verticalmente para cima

A partir do terceiro encontro se iniciaram as atividades no laboratório de informática. O terceiro, o quarto e o quinto encontro foram programados para as atividades envolvendo as 2^a e 3^a situações-problema e o desenvolvimento dos respectivos objetos de aprendizagem (Quadro 1). Para isso, elaboramos guias de atividades que, além de abordar as tarefas que os alunos deveriam resolver durante a interação com o computador, indicava passo a passo os comandos do programa que seriam utilizados para o desenvolvimento da atividade.

No terceiro encontro, aplicamos a primeira atividade utilizando o *software Modellus*. Nesse dia, o primeiro período foi utilizado para a discussão do conteúdo a ser trabalhado e

apresentação da situação-problema que norteou a atividade com o *software*. Foram introduzidas as idéias do movimento de queda livre. As discussões giraram em torno do significado físico dos conceitos de velocidade, de aceleração, de aceleração da gravidade e a diferença entre peso e massa. Ainda, discutimos, em nível introdutório, sobre a diferença entre grandezas escalares e vetoriais e as características e representação das grandezas vetoriais.

Após, apresentamos aos alunos a interface e os principais recursos do *software* *Modellus*, a fim de dar-lhes um suporte para realização da atividade. A partir daí, em duplas, no computador, norteados pelo guia de atividades (Apêndice D – Lançamento Vertical Parte D), os alunos trabalharam a 2ª situação-problema do quadro de objetivos de aprendizagem.

Considerando que era o primeiro contato dos alunos com o *software* e, para a grande maioria, a primeira atividade didática em um laboratório de informática, estruturamos uma atividade simples, simulando o movimento de um objeto lançado verticalmente para cima, dando ênfase, na atividade, às variações de velocidade, ao tempo de movimento e à representação vetorial da força peso, da aceleração da gravidade e da velocidade (Figura 4). As atividades procuram instigar o aluno a verificar o porquê de o módulo da velocidade do objeto diminuir na subida e aumentar na descida e qual influência que a força peso (força gravitacional) exercia sobre essa variação.

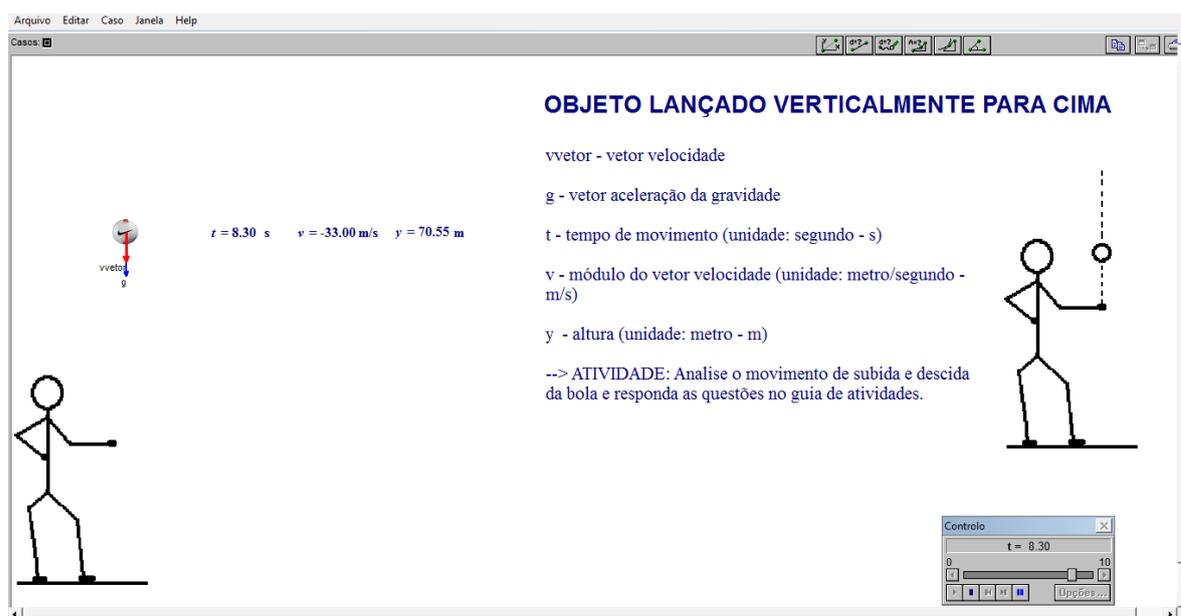


Figura 4 - Simulação no *software* *Modellus* (arquivo eletrônico: lan_vert_I.mdl) de objeto lançado verticalmente para cima.

Fonte: do autor

A respeito do objetivo de aprendizagem 2.1 – perceber que um objeto lançado verticalmente para cima, desprezando-se as ações do ar, encontra-se submetido a apenas uma força, a força gravitacional –, os alunos associam ao movimento durante a subida à força aplicada pelo lançador e à força da gravidade. Quando indagados sobre qual (is) a (s) força (s) exercida na bola durante o movimento de subida e de descida, 24 alunos associaram ao movimento uma força para cima no movimento de subida, causada pelo lançador do objeto. É o que se percebe nas respostas apresentadas a seguir:

R. Objetivo 2.1 - São duas forças no movimento de subida, a da mão do lançador empurrando a bola e a da gravidade puxando-a. Na descida possui uma só força, a da gravidade, que puxa a bola para o solo. (aluno 20)

R. Objetivo 2.1 - Na subida temos a força do arremesso para cima e da gravidade para baixo, na descida temos somente a força da gravidade. (aluno 10)

R. Objetivo 2.1 - Durante o movimento de subida a força da gravidade e a do lançador e na descida somente a força da gravidade. (aluno 13)

R. Objetivo 2.1 - Durante o movimento de subida a força da gravidade e a do lançamento do lançador e na descida a somente a força da gravidade. (aluno 15)

Essas respostas nos sugerem duas interpretações. Um delas é o fato de os alunos associarem a força do lançador ao movimento de subida como uma concepção alternativa, associando uma força na subida ao fato de o corpo ter velocidade para cima. Outra interpretação possível das respostas dos alunos é eles não terem interpretado corretamente a indagação, que perguntava a força que atua *enquanto* o objeto sobe, ou seja, quando não está mais em contato com a mão do lançador.

Quanto ao objetivo 2.2 do quadro de objetivos de aprendizagem, todos os alunos responderam que a velocidade na altura máxima é zero.

Destacamos as respostas dos alunos referentes aos objetivos 2.3 – perceber que, durante a subida, o módulo da velocidade do corpo diminui porque a força resultante está em sentido contrário à velocidade (movimento retardado) – e 2.4 – perceber que, durante a descida, o módulo de velocidade aumenta porque a força resultante está no mesmo sentido da velocidade (movimento acelerado). Nos trechos apresentados abaixo, verificamos algumas respostas dos alunos associando a variação da velocidade do objeto à influência da força da gravidade (força peso).

R. Objetivo 2.3 - Porque quando sobe a gravidade está atuando no vetor velocidade, atuando contra.

R. Objetivo 2.4 - Durante o movimento de descida a gravidade atua a favor do movimento. (aluno 4)

R. Objetivo 2.3 - Diminui a velocidade por causa da força da gravidade.

R. Objetivo 2.4 - Aumenta porque a gravidade puxa a bola para baixo (aluno 20)

R. Objetivo 2.3- Diminui a velocidade por que a força da gravidade é uma força opositora.

R. Objetivo 2.4 - Aumenta porque a gravidade está fazendo uma força para baixo (aluno 21)

R. Objetivo 2.3- Porque a gravidade está desacelerando pois o movimento está em sentido contrário ao da gravidade.

R. Objetivo 2.4 - Porque o vetor velocidade e a gravidade agem de forma igual, as duas em sentido a superfície terrestre (aluno 15)

R. Objetivo 2.3 - Porque a gravidade pressiona a bola para baixo.

R. Objetivo 2.4 - Porque a gravidade puxa a bola para baixo fazendo com que a velocidade aumente. (aluno 18)

Dessa análise de respostas dos alunos, dadas nos guias sobre os quatro objetivos da 2ª situação-problema, temos indícios de que três desses objetivos foram atingidos pela grande maioria dos alunos: 26 alunos atingiram o objetivo 2.2; 20 alunos atingiram o objetivo 2.3 e 20 atingiram o objetivo 2.4. Apenas no objetivo 2.1 não percebemos aproximação para concepções científicas: 23 alunos permaneceram com a concepção de que para um objeto estar em movimento há necessidade de uma força no sentido do movimento.

Destacamos que levamos em conta essa concepção alternativa durante a elaboração do material, pois ela é amplamente relatada na literatura (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992; REZENDE; BARROS, 2001a; REZENDE; BARROS, 2001b). Porém, observamos que a simulação trabalhada deve ser reformulada de forma a ser mais coerente com os objetivos propostos, embora saibamos que essa melhora poderá não ser suficiente, pois trata-se de uma concepção que frequentemente é usada no cotidiano dos alunos sem apresentar inconsistências. Para futuras atividades, procuraremos explorar melhor a diferenciação entre os significados dos conceitos de força e velocidade no contexto de sala de aula e da vida diária dos alunos.

No quarto encontro, as atividades elaboradas visaram revisar e consolidar os conceitos envolvidos na aula anterior. Para isso, na parte inicial da aula, os alunos foram provocados à resolução de uma situação-problema referente ao movimento de subida e descida, no vácuo, de dois corpos lançados verticalmente para cima com velocidades diferentes. No primeiro

momento, individualmente, responderam à atividade inicial do guia sobre lançamento vertical parte II (Apêndice E) apenas com caneta e papel. Os alunos foram expostos à seguinte situação:

Considere que duas esferas pequenas e iguais sejam lançadas, simultaneamente, verticalmente para cima, em um local onde a aceleração da gravidade é 10m/s^2 . A primeira, que vamos denominar de “esfera 1”, foi lançada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 40m/s . Já a segunda, que vamos denominar de “esfera 2”, foi lançada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 30m/s , ou seja, foi lançada com velocidade inicial menor que a “esfera 1”. Desprezando-se a resistência que o ar oferece ao movimento: Qual das duas esferas chegará primeiro ao solo?

Dos 26 alunos, 23 responderam corretamente. Isso indica que a aula anterior, sobre o movimento de subida e descida dos corpos, propiciou uma aprendizagem significativa da influência da aceleração da gravidade no movimento dos corpos, do significado físico da aceleração e do comportamento da velocidade em relação à presença de uma aceleração a favor do movimento e contrária ao movimento. Apresentamos algumas respostas que sugerem esse entendimento.

A esfera 2 porque demora 6 segundos ao total para subir e retornar ao solo, enquanto a esfera 1 demora 8s. (aluno 25)

A esfera 2. Porque foi lançada com menor velocidade, assim a força da gravidade irá reduzir a velocidade fazendo-a descer em menor tempo. (aluno 6)

A esfera 2, pois por ter menor velocidade, ela é a que leva menor tempo para chegar a altura máxima e na descida por estar mais embaixo ela atinge o solo primeiro (aluno 9)

A esfera 2, porque ela chega a uma altura menor do que a esfera 1. (aluno 18)

Na segunda parte do encontro, os alunos foram para o laboratório de informática e analisaram com o *software Modellus* a simulação da mesma situação (Figura 5).

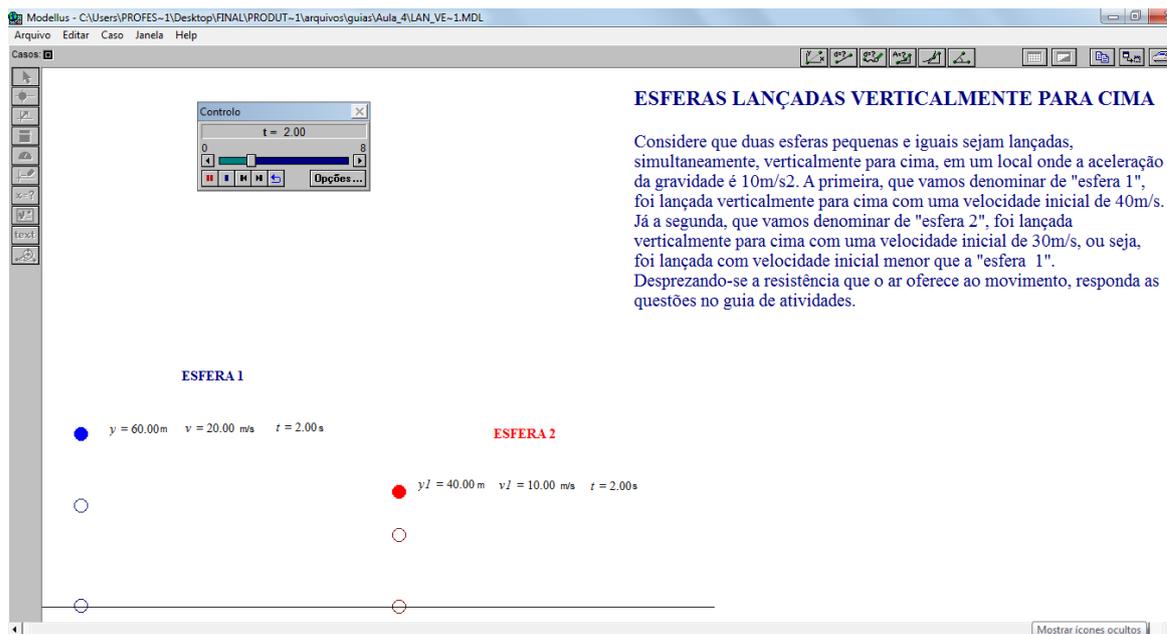


Figura 5 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: lan_vert_II.mdl) de dois objetos lançados verticalmente para cima com velocidades iniciais diferentes.

Fonte: do autor

Nessa análise, verificaram a altura máxima que cada esfera atingiu, o tempo de subida e descida, o tempo total de movimento e a representação vetorial da velocidade e aceleração de cada esfera. Nossa intenção era confrontar as respostas dadas antes da interação com o *software* e depois. Como 23 dos 26 alunos já haviam acertado a resposta correta, a atividade, para eles, serviu como um reforço de conteúdo. Para os 3 alunos que responderam de maneira incorreta a atividade, a interação com o *software* ajudou a confrontar a resposta dada anteriormente e buscar entender o fenômeno em análise. Antes de interagir com a simulação, os três responderam à pergunta da simulação da seguinte maneira:

A esfera 1, porque tem mais velocidade no lançamento. (aluno 11)

A esfera 1, porque tem mais velocidade no lançamento. (aluno 19)

A esfera 1, porque sua velocidade é maior e na descida a gravidade faz com que ela aumente. (aluno 22)

Já na interação com o *software*, ao resolver o guia de atividades, os três alunos realizaram todas as atividades de maneira correta e identificaram o tempo de movimento de cada esfera e verificaram que a esfera 2 chega primeiro ao solo.

Após essa primeira manipulação do *Modellus*, os alunos continuaram o desenvolvimento do guia de atividades (Apêndice E) para analisar e comparar o movimento

horizontal de corpos quando em movimento uniforme e em movimento acelerado. Nessa segunda simulação (Figura 6), em duplas, os alunos analisaram a diferença entre um movimento uniforme e um movimento com aceleração constante, a diferença no movimento de um móvel que aumenta o módulo da velocidade e outro que diminui o módulo da velocidade e a interferência que a força resultante produz nesses movimentos. Assim, reforçaram as ideias de um movimento com a presença de uma aceleração e as implicações na velocidade e, ainda, associaram esses movimentos à presença ou não de uma força resultante diferente de zero.

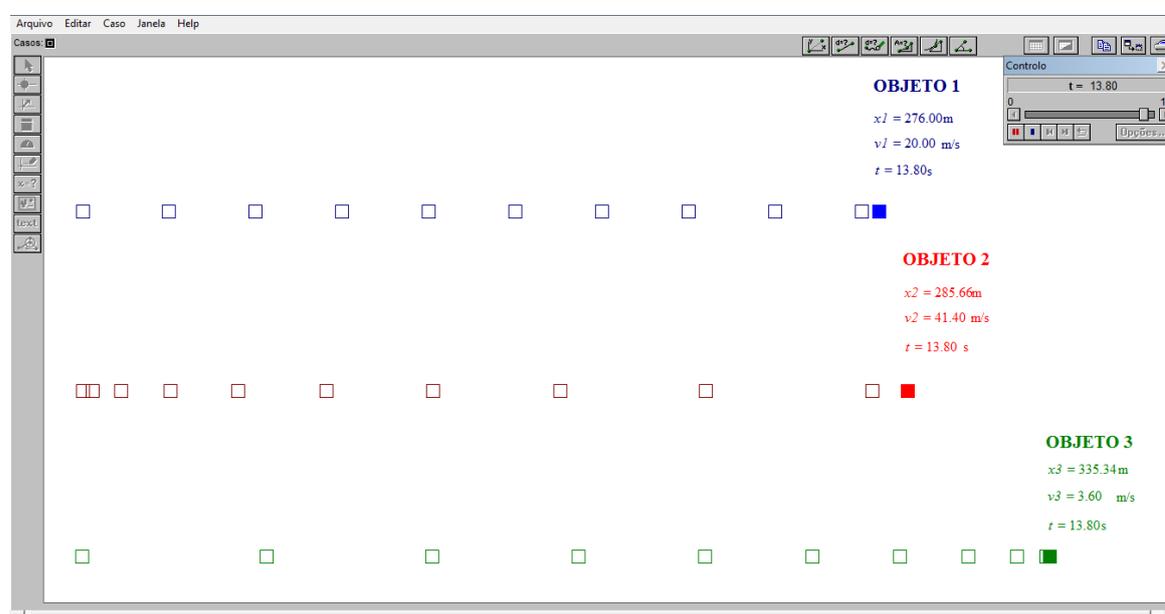


Figura 6 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mov_hor.mdl) do movimento horizontal de três objetos.

Fonte: do autor

5.1.4 Quinto Encontro: SP 3 - Objeto lançado obliquamente

Ao final do quarto encontro, foi feita a discussão em grupo das situações envolvidas no guia de atividade a fim de consolidar os conceituais trabalhados (reconciliação integradora) até esse ponto da aplicação da unidade didática. Para finalizar, apresentamos para a turma, a título de demonstração, uma simulação (Figura 7) do lançamento oblíquo de um objeto, a fim de propor a solução dessa situação como objeto de análise do próximo encontro.

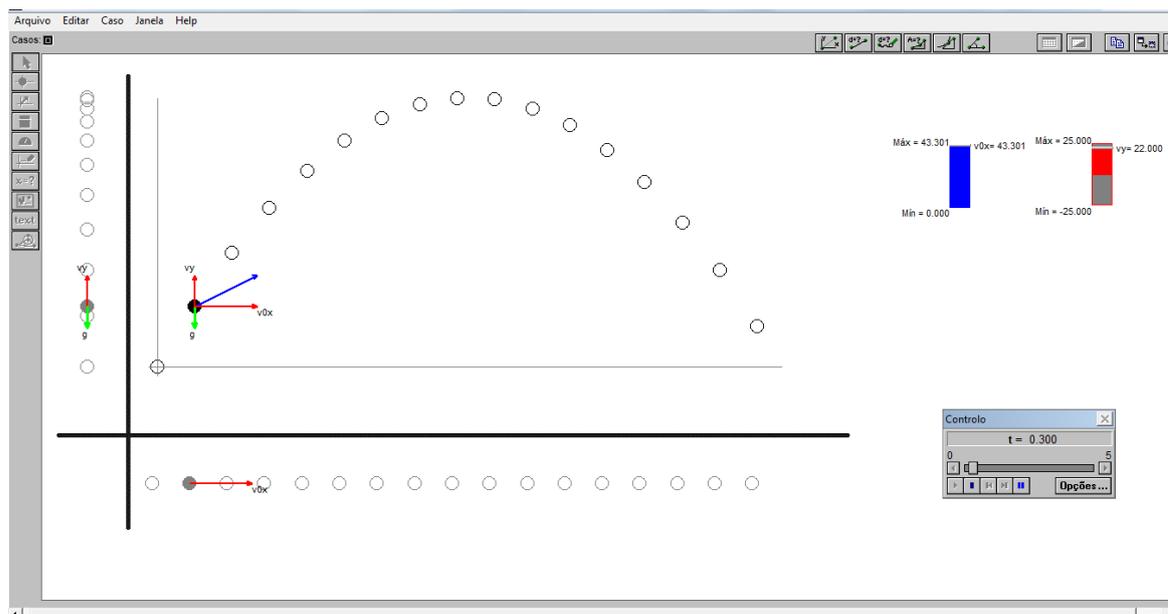


Figura 7 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: lan_obliquo_I.mdl) do lançamento oblíquo de um objeto.

Fonte: do autor

O quinto encontro, então, foi destinado a trabalhar a terceira situação-problema do teste de concepções alternativas e do quadro de objetivos específicos. No primeiro momento da aula, fizemos uma discussão sobre a situação-problema de um objeto lançado obliquamente livre da influência do ar no seu movimento. Para essa discussão, utilizamos uma simulação do movimento com o *software Modellus* (Figura 7) e debatemos as características do movimento, a idéia de um movimento em duas dimensões, a composição de um movimento acelerado com um movimento uniforme.

Após, propusemos um trabalho de vídeo-análise do movimento de uma bola de basquete arremessada para a cesta. Disponibilizamos, para isso, um tutorial para utilização do *software Tracker*, um guia de atividades (Apêndice F) e um vídeo proposto por CALLONI³(2010).

Os alunos apresentaram grande dificuldade de trabalhar com o *software* de vídeo-análise e nenhum grupo conseguiu terminar a atividade na aula. Então, propusemos que as duplas fossem em turno inverso à escola para concluir a atividade no laboratório de informática com o auxílio do professor. Mesmo com as dificuldades de trabalhar com o

³ Disponível em: <http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/22.zip>. Acesso em 24/07/2012.

software, a atividade foi importante e os alunos demonstraram, através das respostas, o entendimento de alguns pontos importantes da análise do movimento estudado.

Quando indagados da possibilidade de considerarmos o movimento horizontal apresentado pela bola de basquete como sendo um movimento uniforme (objetivo 3.1 e 3.4), os alunos responderam corretamente e, alguns, justificaram analisando a distância entre as linhas verticais que passam pelos pontos marcados, conforme Figura 8.

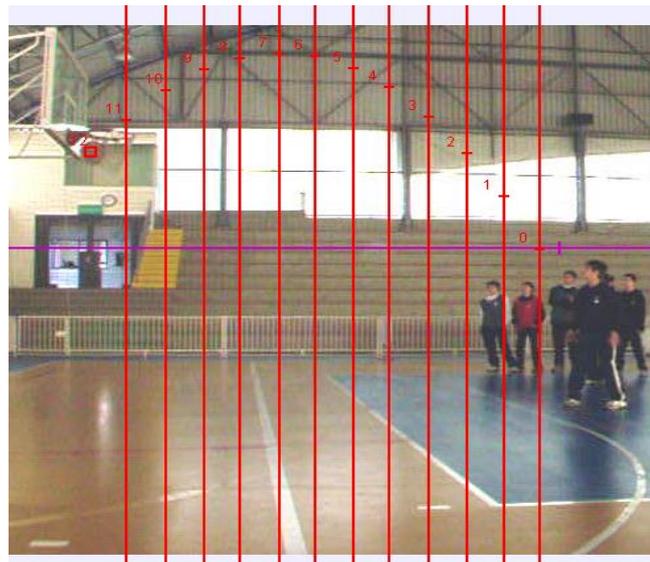


Figura 8 - Linhas verticais uniformemente espaçadas.
Fonte: do autor

Apresentamos algumas respostas que sugerem esse entendimento.

R. Objetivo 3.1 e 3.4 - Sim, porque ele não sofre nenhuma alteração na sua velocidade uniforme” (Alunos 2 e 10)

R. Objetivo 3.1 e 3.4 - Sim. Movimento na horizontal é sempre uniforme porque não há variação na velocidade (Alunos 24 e 25)

R. Objetivo 3.1 e 3.4 - Sim, porque a V_x permanece constante, e as linhas verticais tem praticamente a mesma distância entre si. (alunos 7 e 16)

R. Objetivo 3.1 e 3.4 - Sim, porque há pouca variação nos valores de velocidade obtidos e o espaçamento entre as linhas é o mesmo para cada ponto, definindo um movimento uniforme” (Alunos 13 e 15)

Quando indagados sobre a possibilidade de considerarmos o movimento vertical apresentado pela bola de basquete como sendo um movimento uniformemente variado, os alunos responderam corretamente e, alguns, justificaram analisando a distância entre as linhas horizontais que passam pelos pontos marcados, conforme Figura 9.



Figura 9 - Linhas horizontais não-uniformemente espaçadas.
Fonte: do autor

Apresentamos algumas respostas que sugerem esse entendimento.

Objetivo 3.1 e 3.3 - Sim, porque a velocidade da bola diminui até chegar à altura máxima e depois aumenta até chegar ao solo. (alunos 2 e 10)

Objetivo 3.1 e 3.3 - Sim, porque a variação de velocidade que diminui na subida e aumenta na descida. (alunos 24 e 25)

Objetivo 3.1 e 3.3 - Sim, porque a V_y varia com o passar do tempo. As linhas separadas desproporcionalmente de acordo com a subida e descida da bola. (alunos 7 e 16)

Objetivo 3.1 e 3.3 - Sim, porque a bola ganha altura até certo ponto, depois começa a perder altura por causa da força da gravidade que age sobre a bola assim caracterizando um movimento uniformemente variado. (alunos 13 e 15)

5.1.5 Sexto Encontro: Avaliação Individual

Do segundo ao quinto encontro, acima descritos, trabalhamos as 1ª, 2ª e 3ª situações-problema do teste de concepções alternativas e os objetivos de aprendizagem das respectivas situações, os quais constam na Quadro 1. Após, então, foi reservado um encontro para fazer

uma avaliação individual, cujo instrumento foi uma prova (Apêndice G) construída com o objetivo de avaliar todo o conteúdo trabalhado.

A prova teve como conteúdo o movimento de queda livre, abordando as interpretações do movimento de subida e descida, o significado físico da aceleração, a diferença entre os movimentos acelerados, retardados e uniformes, a queda de corpos de diferentes massas e, ainda, o lançamento oblíquo. No total, foram seis exercícios para serem resolvidos: 2 exercícios sobre movimento de subida e descida no vácuo, 1 exercício sobre movimentos acelerados, retardado e uniforme, 1 exercício sobre queda dos corpos de massas diferentes e 2 exercícios sobre lançamento oblíquo, sendo uma deles realizado mediante interação com o *software Modellus* (Simulação: *arquivo eletrônico lan_obliquo_II.mdl*).

A prova foi elaborada para abordar novamente as três primeiras situações-problema desenvolvidas na proposta, exploradas em questões de múltipla escolha (teste de concepções alternativas), questões qualitativas, questões de análise da variação da velocidade e tempo de movimento e, ainda, questões desenvolvidas mediante interação com o *software Modellus*.

Os resultados da avaliação indicam um desempenho satisfatório dos alunos e indicam aprendizado dos conteúdos trabalhados. Dos 26 alunos, 20 obtiveram nota igual ou superior à 6,0, que é a média para aprovação no *Campus* Bagé do IFSul. O gráfico mostrado na Figura 10 ilustra o desempenho dos alunos na avaliação. Cabe destacar que, dos 20 alunos aprovados, 6 tiveram nota superior a 8,5.

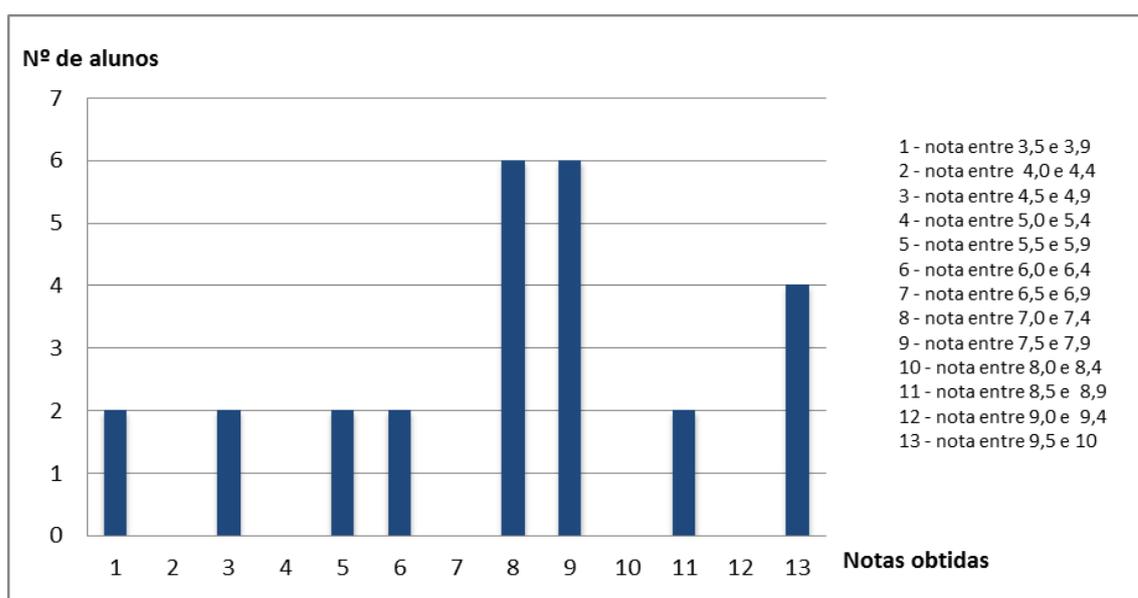


Figura 10 - Notas obtidas pelos alunos na avaliação.

Fonte: do autor

5.1.6 Sétimo Encontro: SP 4 - Objeto lançado sobre um plano horizontal com atrito

No sétimo encontro com a turma, foi realizado o trabalho em torno da 4ª situação-problema, envolvendo o movimento de um objeto lançado horizontalmente em uma superfície plana com atrito. Para o desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem referentes a essa situação-problema, na primeira parte do encontro, realizamos uma revisão da Primeira Lei de Newton e da Segunda Lei de Newton e a discussão da Terceira Lei de Newton. Após, foram introduzidas as primeiras ideias sobre força normal, força de atrito estático e atrito dinâmico, principalmente estabelecendo a diferença entre as duas formas de atrito.

Na segunda parte do encontro, os alunos receberam o guia de atividade (Apêndice H – Objeto Lançado Horizontalmente) e trabalharam em duplas no computador, em uma atividade que novamente envolveu o *software Modellus*, visando uma diferenciação progressiva dos conceitos discutidos na parte inicial.

O trabalho com o guia de atividades foi dividido em duas partes. Na primeira, os alunos trabalharam com uma simulação (Figura 11), no *software Modellus*, da 4ª situação-problema, ou seja, com o movimento de um objeto lançado sobre um plano horizontal com atrito.

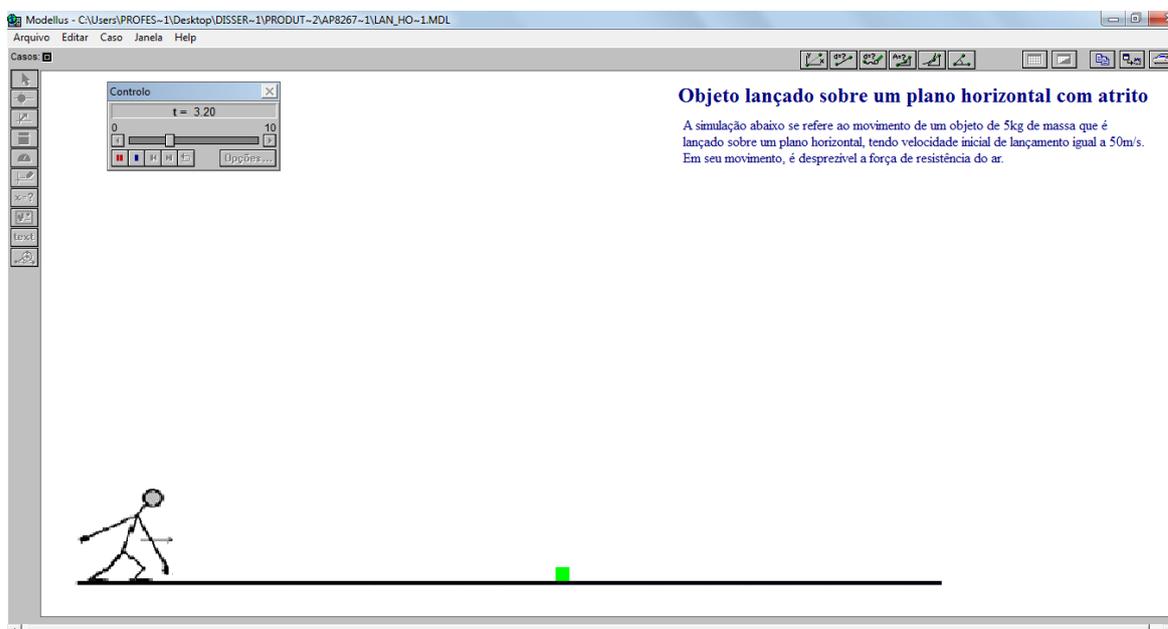


Figura 11 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: lan_horizontal_I.mdl) do lançamento horizontal de um objeto em um movimento com atrito.

Fonte: do autor

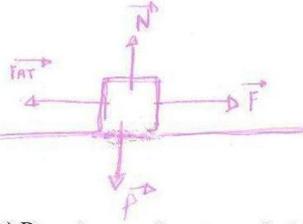
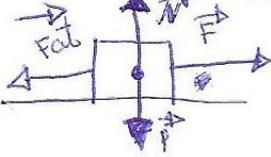
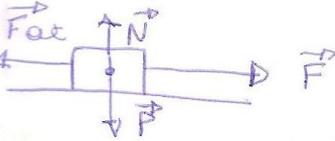
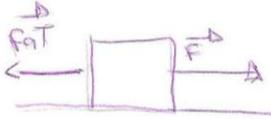
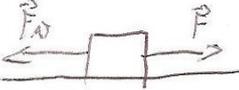
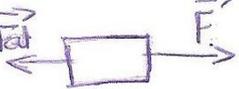
Nessa simulação, com o intuito de verificar quais eram as ideias sobre a relação força e movimento que os alunos iriam apresentar, não foram apresentados detalhes das grandezas físicas envolvidas na situação (velocidade, aceleração) e das interações (força de atrito cinético, força normal, força peso, etc). Na segunda parte, trabalhando com a mesma situação, mas agora com os detalhes a respeito das grandezas físicas e das interações envolvidas. Foram apresentados na simulação os aspectos relevantes e os alunos desenvolveram a segunda parte do guia de atividades. Nosso objetivo foi confrontar as ideias apresentadas na primeira com as ideias apresentadas na segunda parte da atividade envolvendo a situação proposta.

Dessa aula, cabe analisar algumas questões referentes ao desenvolvimento dos objetivos de aprendizagem que foram traçados para essa 4ª situação-problema. Em relação ao objetivo de aprendizagem 4.1 – um objeto lançado e deslizando sobre uma superfície horizontal com atrito, a força resultante sobre ele é a força de atrito (despreza-se as interações com o ar) – na primeira parte do guia de atividades os alunos apresentaram, ao trabalharem com o guia de atividades, respostas que indicam uma concepção prévia da necessidade de se ter uma força a favor do movimento.

Quando indagados sobre qual (is) é (são) a (s) força (s) sobre o objeto quando ele não está mais em contato com a mão do lançador, 15 alunos indicaram a presença da força peso, 9 alunos indicaram a presença da força normal, 24 alunos indicaram a presença de uma força de atrito e nenhum aluno respondeu indicando a presença de uma força a favor do movimento. Essas respostas indicam contradição com a atividade seguinte do guia, na qual os alunos apresentaram um desenho ilustrando o objeto e a (s) força (s) sobre ele durante o movimento. Dos 26 alunos, 20 alunos indicaram, no desenho que fizeram, a presença de uma força a favor do movimento. O Quadro 2 compara as respostas por alguns alunos para as duas questões.

Quadro 2 - Comparação das respostas sobre as forças sobre o objeto durante o movimento.

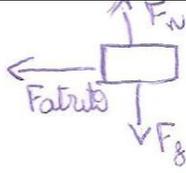
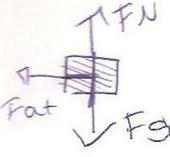
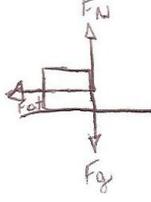
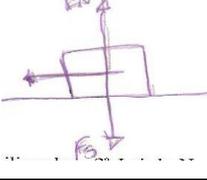
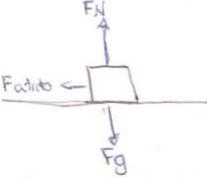
Fonte: do autor

Aluno	Após ser lançado, ou seja, quanto o objeto não está mais em contato com a mão do lançador, qual (is) é (são) a (s) força (s) sobre o objeto?	Faça um desenho ilustrando o objeto e a (s) força (s) sobre ele durante o movimento.
1	Força peso, força de atrito e força normal.	
12	Força peso, força de atrito e força normal.	
23	Força peso, força de atrito e força normal.	
4	Força de atrito.	
9	Força de atrito.	
15	Força de atrito e força peso.	
17	Força de atrito e força peso.	

Após trabalharem com a segunda parte do guia de atividades e interagindo com o *software Modellus* (Segunda simulação: arquivo eletrônico *lan_horizontal_II.mdl*), 20 dos 26 alunos responderam corretamente acerca das forças sobre o corpo e, ainda, representaram corretamente. O Quadro 3 mostra algumas respostas dos alunos para a segunda parte do guia de atividades.

Quadro 3 - Respostas dadas para a segunda parte do guia de atividades, sobre grandezas físicas.

Fonte: do autor

Aluno	Após ser lançado, ou seja, quando o objeto não está mais em contato com a mão do lançador, qual (is) é (são) a (s) força (s) sobre o objeto?	Faça um desenho ilustrando o objeto e a (s) força (s) sobre ele durante o movimento.
17	Força gravitacional, força de atrito e força normal.	
8	Força normal, força gravitacional e força de atrito.	
10	Força de atrito, força normal e força gravitacional.	
4	Força de atrito, força normal e força gravitacional.	
21	Força normal, força gravitacional e força de atrito.	

Em relação ao objetivo de aprendizagem 4.4 – após o lançamento, a força de atrito cinético só existe enquanto o objeto estiver deslizando sobre a superfície – já na primeira parte do guia de atividades, todos os alunos apresentaram uma concepção científica da existência de força de atrito cinético apenas quando o objeto se encontra em movimento. Ainda a respeito desse objetivo de aprendizagem, a simulação foi elaborada com um erro no valor da força de atrito cinético (força resultante), indicando um valor diferente de zero após o objeto atingir o repouso e, na segunda parte do guia, esse erro foi explorado para verificar se os alunos associavam o erro à presença de uma força de atrito diferente de zero enquanto o

objeto está em repouso ou à ausência de uma suposta força a favor do movimento durante o deslocamento.

Nessa questão, 19 alunos associaram o erro à indicação de uma força de atrito após o objeto atingir o repouso, justificando que a força resultante deveria ser igual a zero. Os outros sete alunos indicaram que o erro estava na ausência de uma força a favor do movimento durante o deslocamento do corpo até atingir o repouso, o que indica para esses alunos uma concepção alternativa da relação entre força e movimento, mesmo após a realização do guia de atividades.

Por fim, para verificarmos os conhecimentos a respeito dos movimentos uniformes e da atuação da força de atrito, propusemos um exercício sobre um móvel se deslocando com o módulo da velocidade constante, submetido a uma força constante de módulo 30N a favor do movimento, conforme a Figura 12 abaixo.

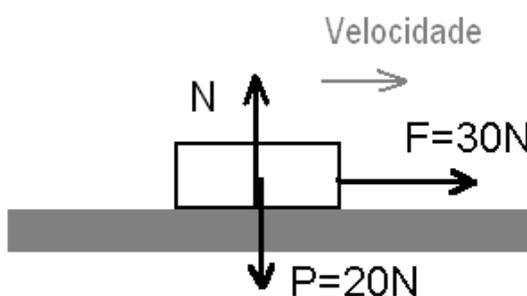


Figura 12 - Móvel se deslocando sobre uma superfície horizontal com o módulo da velocidade constante, submetido a uma força constante de módulo 30N a favor do movimento.

Fonte: do autor

Dos 26 alunos, 23 acertaram o valor da força de atrito cinético, justificando que, se o movimento é uniforme, a força resultante deve ser igual a zero, em concordância com o que enuncia a 1ª Lei de Newton. Isso evidencia que, sobre valor da força de atrito cinético, grande parte dos alunos apresentou concepção científica.

A discussão desse exercício e a correção do guia de atividades foram a base para a discussão final do encontro, que visou uma reconciliação integradora dos conceitos trabalhados no guia de atividades.

5.1.7 Oitavo Encontro: SP 5 - Objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito

O oitavo encontro com a turma foi utilizado para o desenvolvimento da 5ª situação-problema, que se refere ao movimento de um objeto empurrado em uma plano horizontal com atrito. Esse encontro teve por objetivo aprofundar e consolidar os conceitos envolvendo as Leis de Newton e Força de Atrito, estudados no sétimo encontro.

Na primeira parte desse encontro, fizemos uma revisão dos conceitos de atrito estático e atrito cinético e da 4ª situação-problema, a qual foi objeto de estudo no encontro anterior. Nessa revisão, embora não fosse o objetivo principal da proposta, trabalhamos os aspectos matemáticos do atrito estático máximo e do atrito cinético, visando um aprofundamento conceitual da diferença entre essas formas de atrito, principalmente, sobre o significado físico do valor do atrito estático máximo e o porquê do atrito estático variar de zero até um valor máximo.

Na segunda parte do encontro, a fim de trabalharmos os objetivos de aprendizagem da 5ª situação-problema e de consolidar as idéias sobre o movimento influenciado pela força de atrito, entregamos aos alunos um guia de atividades (Apêndice I) para que eles, em duplas, trabalhassem no computador, interagindo com duas simulações, *no software Modellus*, do movimento de um objeto empurrado em um plano horizontal com atrito.

A respeito dos objetivos de aprendizagem 5.1 – quando a força aplicada for igual ou menor que a força de atrito estático máximo o objeto não entra em movimento – e 5.2 – quando a força que é aplicada para empurrar o objeto é igual à força de atrito cinético, o objeto se movimenta com velocidade constante –, analisaremos os guias de atividades realizados pelos alunos e destacaremos alguns pontos importantes sobre o desenvolvimento desses objetivos.

Na primeira parte do guia de atividades, os alunos analisaram o movimento de um objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito, em uma simulação que mostrava as forças (representação vetorial) que atuavam no objeto e um gráfico que identificava o módulo da força aplicada ao objeto, conforme a figura 13.

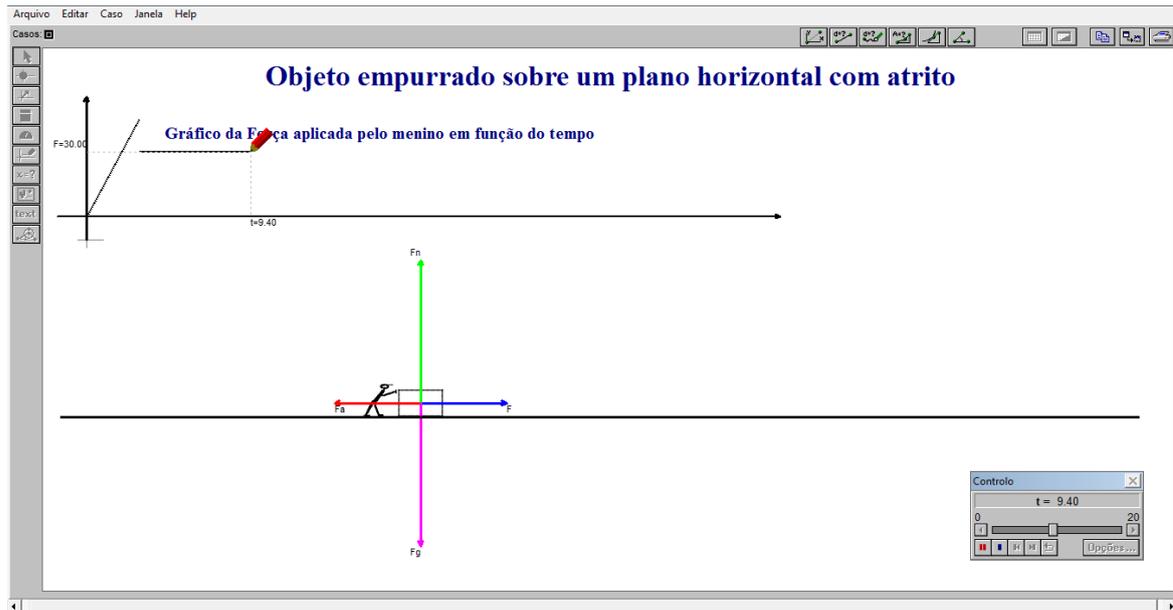


Figura 13 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: objeto_empurrado_I.mdl) representando vetorialmente as forças sobre o objeto apoiado em uma superfície horizontal.

Fonte: do autor

A segunda simulação (Figura 14) acrescentou os valores das forças que estavam envolvidas na situação, detalhando os módulos da força peso, da força normal, da força de atrito, da força aplicada para colocar o objeto em movimento e da velocidade do objeto.

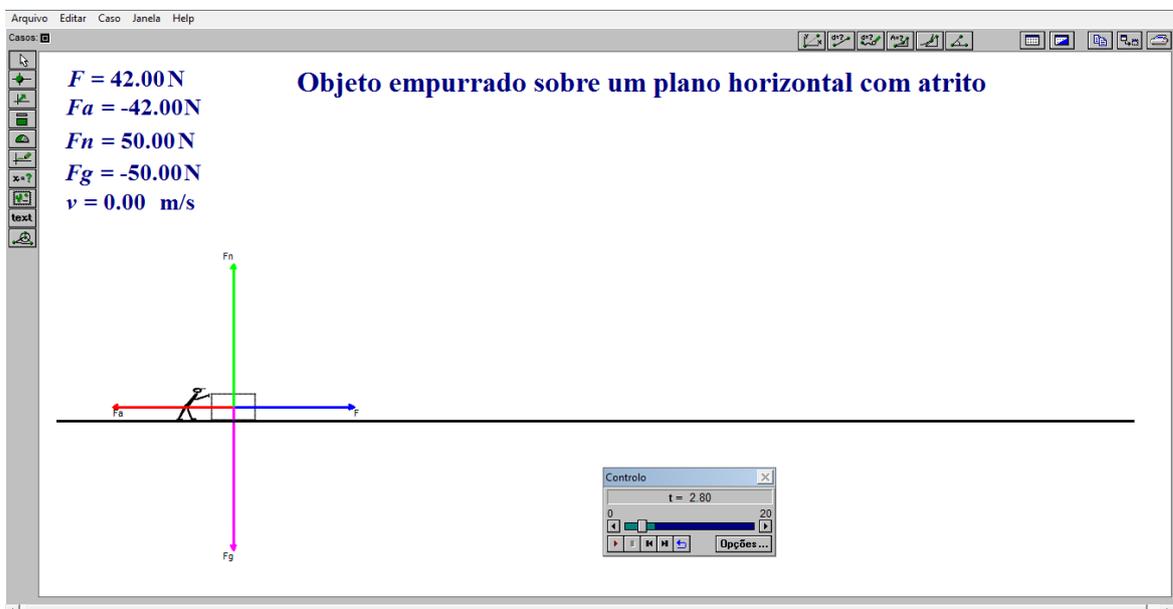


Figura 14 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: objeto_empurrado_II.mdl) representando vetorialmente as forças sobre o objeto apoiado sobre uma superfície horizontal e o módulo das forças representadas.

Fonte: do autor

Ao interagirem com as simulações, os alunos foram indagados sobre por que o objeto inicialmente não entrava em movimento. Dos 26 alunos, 14 identificaram corretamente que o objeto não havia entrado em movimento porque a força aplicada para mover o objeto não era, nos instantes iniciais, maior do que a força de atrito estático máximo. Abaixo mostramos algumas dessas repostas:

“Porque a força aplicada no corpo é menor que a força de atrito estático máximo” (aluno 7)

“Por que não é atingida a força de atrito máximo estático”. (aluno 21)

“A força aplicada é menor do que a força de atrito estático máximo, só entra em movimento após a força superar o atrito estático máximo” (aluno 13)

“Pois para entrar em movimento, a força aplicada precisa ser maior que o valor da força de atrito estático máximo”. (aluno 3)

“Não porque a força aplicada está menor do que a força de atrito estático máximo”. (aluno 20)

Outros oito alunos associaram ao fato de o objeto não entrar em movimento ao valor da força exercida horizontalmente pelo sujeito não superava a força de atrito, mas não mencionaram se era o valor da força de atrito estático máximo ou atrito cinético. Embora não tenham referido nas respostas o atrito estático máximo, os estudantes mostraram corretamente que, no caso em análise, a força exercida pelo sujeito para mover o objeto é igual em módulo à força de atrito enquanto o objeto não entra em movimento e que o movimento só vai ocorrer se a força que o sujeito realiza excede o valor da força de atrito, no caso o valor da força de atrito estático máximo. Vejamos algumas dessas repostas:

“Porque inicialmente a força do menino é igual a força de atrito”. (aluno 12)

“Porque o menino não estava aplicando força suficiente para ser maior que a força de atrito”. (Aluno 2)

“Porque o menino aplica uma força menor que a força de atrito, entra em movimento quando a força de atrito é ultrapassada”. (aluno 25)

Os outros 4 alunos responderam incorretamente, associando ao fato do corpo não entrar inicialmente em movimento ao atrito cinético, que, no caso da simulação, tem módulo de 30N. A seguir, apresentamos algumas respostas:

“Porque para ele entrar em movimento a força deveria ser maior que 30N”. (aluno 1)

“O objeto só entra em movimento quando a força aplicada for igual a 30N”. (aluno 8)

“Pois a força aplicada é menor que o atrito cinético.” (aluno 26)

Os dados acima indicam uma aprendizagem significativa em relação ao objetivo de aprendizagem 5.1.

Em relação ao objetivo 5.2 – quando a força que é aplicada para empurrar o objeto é igual a força de atrito cinético, o objeto se movimenta com velocidade constante –, no final da análise do sétimo encontro já mostramos indícios do entendimento, por parte do alunos, de que o objeto se move com velocidade constante quando a força exercida pelo sujeito é igual em módulo à força de atrito cinético.

Nesse encontro, conforme já exposto, procuramos comparar as ideias de força de atrito estático e cinético e, ainda, o atrito estático máximo, e, nesse contexto, novamente indagamos os alunos a respeito da possibilidade do objeto manter o módulo da sua velocidade constante. Em diferentes partes do guia de atividades buscamos indagar os alunos sobre esse objetivo de aprendizagem, perguntando o por que o objeto se move com velocidade constante após entrar em movimento e por que foi mais difícil fazer o objeto entrar em movimento do que mantê-lo com velocidade constante.

As respostas indicam entendimento a respeito da necessidade de se aplicar uma força maior que o atrito estático máximo para colocar o objeto em movimento e, depois, uma força igual ao atrito cinético para mantê-lo em movimento com velocidade constante. Apresentamos algumas respostas abaixo:

“Porque a força aplicada para iniciar o movimento é superior a força exercida para manter o objeto em movimento com velocidade constante”. (aluno 10)

“A força aplicada é igual à força de atrito cinético. Porque exige menos força para manter o objeto em movimento constante”. (aluno 19)

“Por que as forças permanecem iguais e por isso a força resultante igual a zero”. (aluno 23)

“Porque a força de atrito cinético é igual a força aplicada pelo corpo sobre o objeto”. (aluno 7)

“Pois a força aplicada é igual a força de atrito. Pois após entrar em movimento, o menino, com pouca força, consegui movimentá-lo”. (Aluno 3)

Dos 26 alunos, 22 responderam conforme os exemplos acima, indicando o entendimento da necessidade de aplicar uma força igual ao atrito cinético para manter o

objeto com velocidade constante e, ainda, de que é mais fácil manter o objeto em movimento do que, a partir do repouso, colocá-lo em movimento. Respostas estas que indicam o entendimento do objetivo de aprendizagem 5.2 e que reforçam o entendimento do objetivo de aprendizagem 5.1.

No final do encontro, com todo o grupo reunido, foi realizada a correção do guia de atividades e a discussão dos conceitos envolvidos na aula, de maneira a concluir a parte do projeto que envolveu o estudo da influencia do atrito no movimento dos objetos com uma reconciliação integradora desses conceitos.

5.1.8 Nono e Décimo Encontro: SP 6 - Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS)

O nono e o décimo encontro foram utilizados para a implementação de atividades envolvendo a 6ª situação-problema e o desenvolvimento dos seus respectivos objetivos de aprendizagem.

No nono encontro de aplicação da proposta, a primeira parte foi destinada à apresentação da situação-problema de um sistema massa-mola executando um movimento harmônico simples e ao estudo de alguns conceitos importantes para o entendimento desse movimento. Foram discutidas com a turma as características da força elástica de Hooke, as características do movimento periódico e movimento oscilatório, que serviram como base para um estudo inicial a respeito do movimento do sistema massa-mola. Nessa discussão, analisamos com a turma o sentido da força resultante no objeto preso à mola e o fato da força ser proporcional ao deslocamento e, ainda, as implicações para a velocidade e a aceleração do bloco. Esse estudo serviu como organizador prévio dos conceitos que foram envolvidos na atividade realizada na segunda parte da aula.

Então, na segunda parte, os alunos realizaram atividades no laboratório de informática utilizando o *software Modellus* para desenvolverem o guia de atividades apresentado no Apêndice J. Todas essas atividades eram referentes a simulações de um sistema massa-mola oscilando em Movimento Harmônico Simples (MHS).

Inicialmente, os alunos observaram uma simulação que mostrava o movimento de um objeto oscilando em torno de uma posição de equilíbrio, conforme indica Figura 15, e, baseados na simulação, realizaram uma análise do movimento do objeto e descreveram as características do movimento, mostrando o comportamento da força elástica (força resultante), da velocidade e da aceleração.

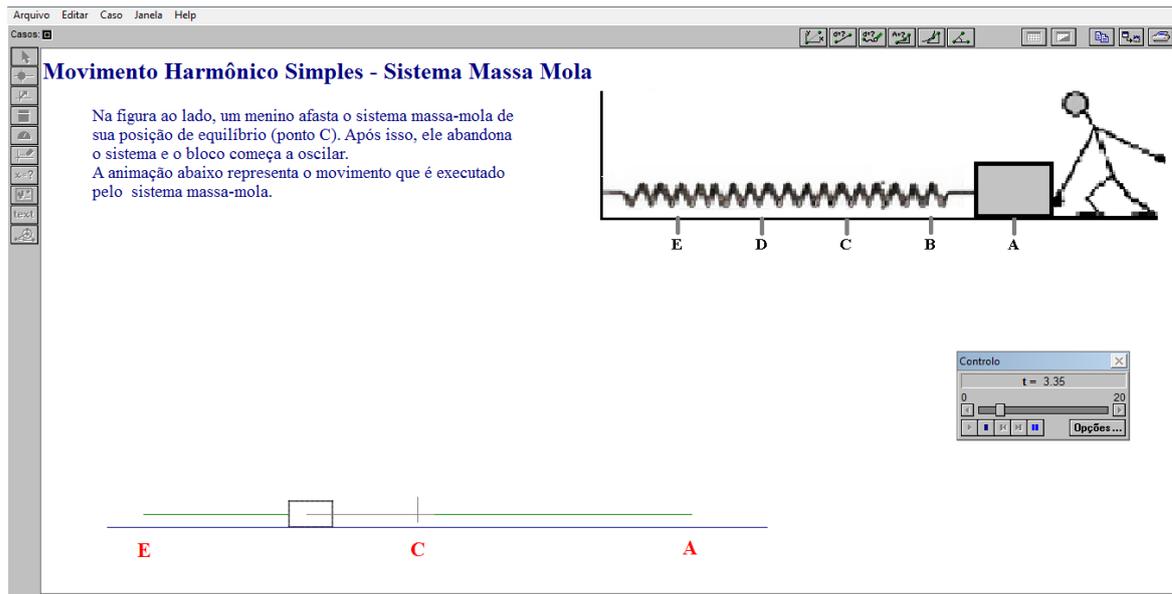


Figura 15 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mhs_I.mdl) do movimento de um objeto oscilando em torno de uma posição de equilíbrio.

Fonte: do autor

Em uma segunda simulação (figura 16), os alunos responderam perguntas que indagavam sobre o módulo e o sentido da força elástica e qual a sua relação com afastamento em relação à posição de equilíbrio. Nessa segunda simulação, está representado o vetor força elástica, mostrando sua variação conforme o móvel se aproxima ou se afasta da posição de equilíbrio.

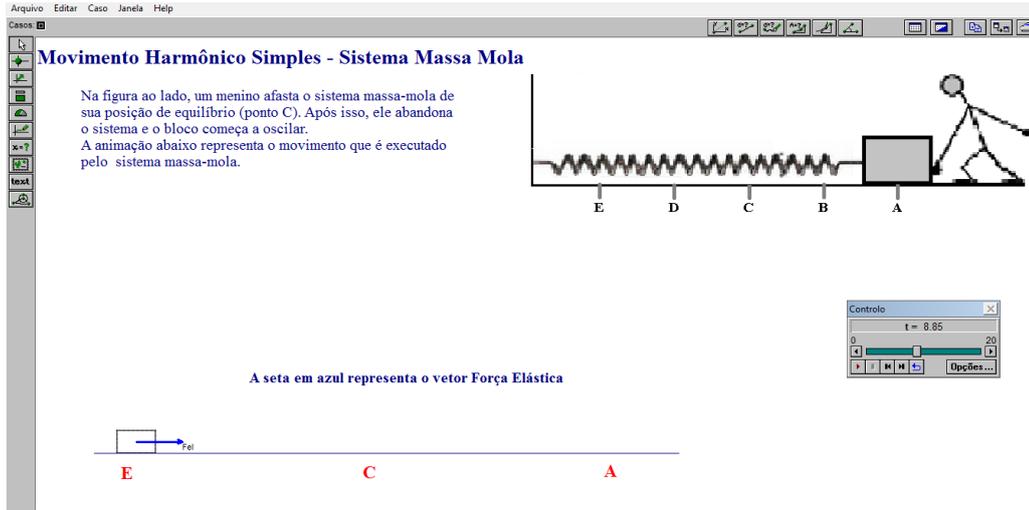


Figura 16 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mhs_II.mdl) do vetor força elástica, mostrando sua variação conforme o móvel se aproxima ou se afasta da posição de equilíbrio.

Fonte: do autor

Depois de interpretar as questões referentes à força elástica, os alunos passaram a interagir com uma terceira simulação, agora, analisando o comportamento da velocidade e da aceleração do objeto. Aqui, representamos na simulação o vetor velocidade e o vetor aceleração (figura 17), a fim de que os estudantes analisassem as variações nessas grandezas e os instantes em que elas estavam com o mesmo sentido e com o sentido contrário. Nessa análise, os alunos foram indagados a respeito dos pontos da trajetória em que o móvel atinge velocidade máxima em módulo e nula e os pontos da trajetória onde a aceleração atinge valor máximo em módulo ou nulo.

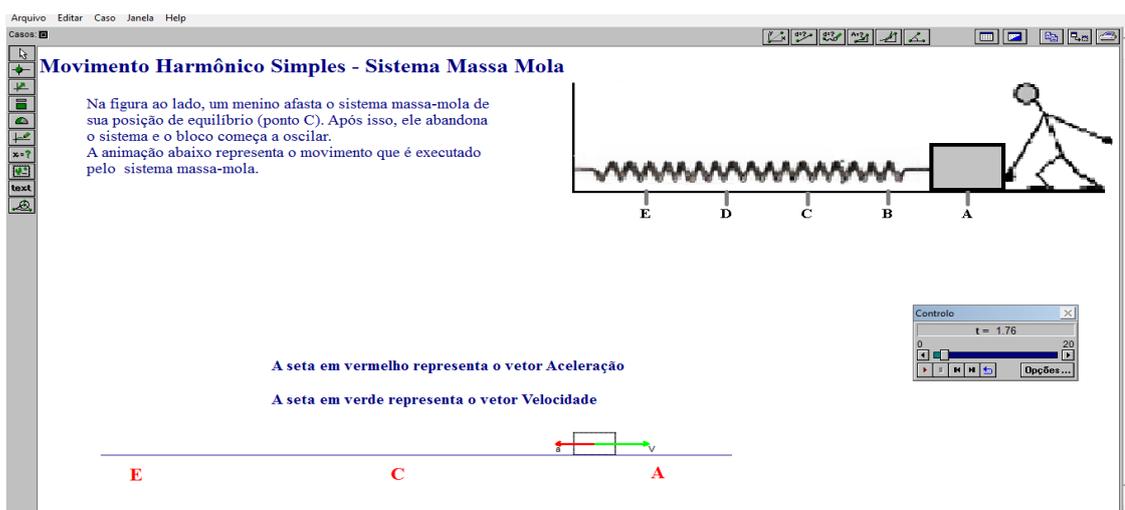


Figura 17 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mhs_III.mdl) do vetor velocidade e do vetor aceleração.

Fonte: do autor

Para finalizar as atividades do nono encontro, propusemos uma simulação com que aluno pudesse interagir alterando valores e interpretando as consequências para o movimento. Nesse sentido, a fim de aprofundar um pouco a discussão a respeito do movimento em estudo e analisar algumas características que, no momento, serviriam de base para a próxima aula, montamos uma simulação em que o aluno alterava o valor da massa do objeto e da constante de proporcionalidade do MHS, que, no caso de um sistema massa-mola, é a constante elástica. Para essa simulação, os alunos foram perguntados sobre a relação entre a massa do sistema e o período de oscilação e entre a constante elástica e o período de oscilação. A Figura 18 ilustra a simulação.

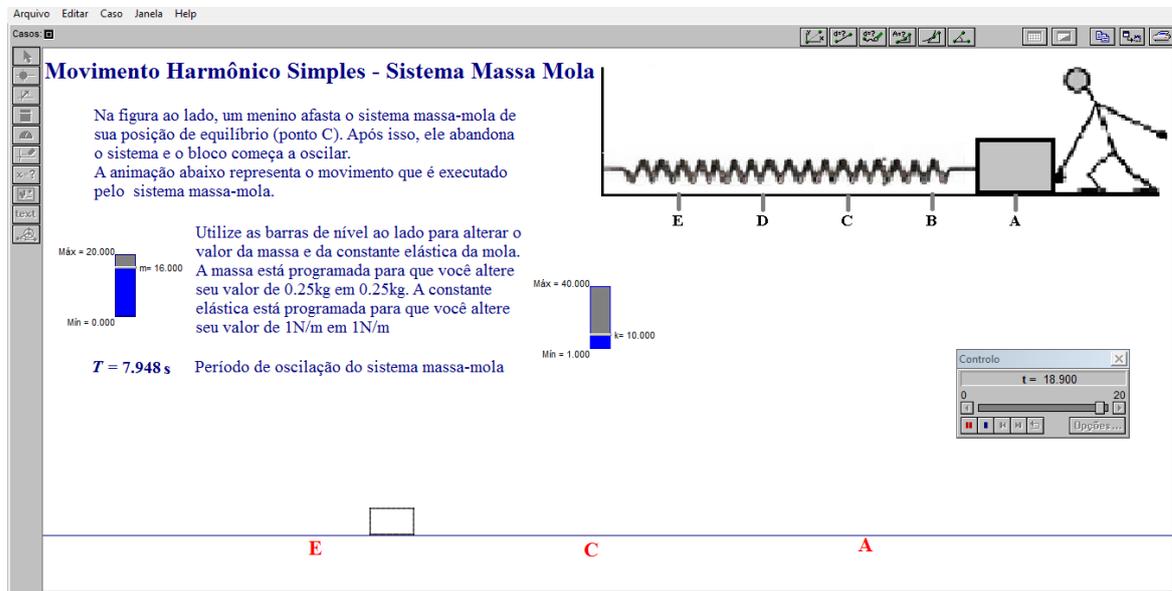


Figura 18 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mhs_IV.mdl) da alteração do valor da massa do objeto e da constante de proporcionalidade do MHS.

Fonte: do autor

O trabalho com o guia de atividades e a interação com o *software Modellus* propiciou indícios de aprendizagem significativa por parte dos alunos, pois os alunos utilizaram conceitos trabalhados no encontro anterior para apresentarem respostas com significados físicos. Foram três objetivos de aprendizagem traçados e as repostas dadas pelos estudantes indicam que esses objetivos foram atingidos.

Em relação ao objetivo de aprendizagem 6.1 – um objeto em Movimento Harmônico Simples, preso a uma mola, está submetido à força elástica exercida pela mola – e ao objetivo de aprendizagem 6.2 – a força elástica de Hooke é uma força restauradora, sendo seu módulo proporcional à distância em relação ao ponto de equilíbrio e seu sentido sempre apontando

para esse ponto –, os alunos mostraram entendimento nas respostas dadas quando questionados sobre em quais pontos da trajetória a força elástica é máxima e em quais pontos da trajetória a força elástica é nula e, ainda, qual é a relação existente entre a força elástica e o afastamento em relação à posição de equilíbrio.

Dos 26 alunos, todos responderam corretamente que, no ponto de equilíbrio do sistema, a força elástica é nula e, nas extremidades, a força elástica é máxima em módulo. A respeito da relação entre a força elástica e a elongação do movimento, 8 alunos responderam corretamente que, quanto maior é a elongação, maior é a força elástica. Ainda, nessa linha, outros 14 estudantes, mesmo não expressando a questão da proporcionalidade, apresentaram respostas que indicam o entendimento de que a força elástica depende do afastamento em relação à posição de equilíbrio, e apenas quatro alunos não responderam corretamente a relação.

O objetivo de aprendizagem 6.3 – quando o objeto executa um MHS, no ponto de equilíbrio a velocidade é máxima em módulo e nos pontos de máximo afastamento em relação a posição de equilíbrio a velocidade é nula – foi trabalhado no guia de atividades quando os alunos foram perguntados sobre em quais pontos da trajetória a velocidade é máxima e em quais pontos a velocidade é nula e, ainda, sobre a sua relação com a elongação do sistema. Dos 26 alunos, 24 responderam corretamente sobre os pontos de máxima e mínima velocidade. A relação entre a velocidade e a elongação foi corretamente respondida por 14 alunos, sendo que outros 8 apresentaram resposta que indicam o entendimento de que a velocidade é maior quanto menos alongado estiver o sistema. Nesse questionamento, apenas 4 alunos não responderam corretamente.

A última parte do guia de atividades trabalhado no nono encontro foi organizada para propiciar um maior aprofundamento dos conceitos envolvidos no Movimento Harmônico Simples. Os estudantes trabalharam com a quarta simulação e realizaram atividades para interpretar a relação entre a massa do sistema e o período de oscilação e a relação entre a constante de proporcionalidade (constante elástica) e o período de oscilação.

Nessa simulação, os alunos interagiram com o sistema alterando o valor da massa e da constante elástica para verificar as conseqüentes mudanças no período de oscilação. Essa atividade serviu como um organizador prévio para a décima aula, em que foi realizada uma atividade experimental de um movimento oscilatório com uma mola real e feitas medições da

constante elástica da mola e a relação entre massa e a constante elástica com o período de oscilação. Esse encontro será descrito ainda nesta seção.

O nono encontro foi finalizado com a discussão e correção do guia de atividades, objetivando que essa discussão propiciasse uma reconciliação integradora dos conceitos que foram introduzidos com a apresentação da situação-problema e desenvolvidos com o guia de atividades (diferenciação progressiva).

O décimo encontro com a turma foi programado para continuarmos os estudos do Movimento Harmônico Simples. Para tanto, organizamos uma atividade experimental envolvendo os conceitos que já haviam sido trabalhados na aula anterior, com o objetivo de consolidar o estudo desse movimento e propiciar uma aprendizagem significativa. Outra pretensão importante da aula experimental foi dar uma iniciação a atividades experimentais no Ensino de Física para esses alunos, visto que eles estavam ingressando no ensino médio e desde o início seria importante que tivessem atividade desse tipo⁴.

Baseados nas ideias do artigo “O USO DE ‘ESPIRAIS’ DE ENCADERNAÇÃO COMO MOLAS’ (AXT; BONADIMAN; SILVEIRA, 2005), montamos um guia de atividades (Apêndice L - guia da atividade experimental) que serviu para que os alunos, reunidos em grupo de três ou quatro integrantes, montassem o aparato experimental e, depois, realizassem passo a passo as medições e fizessem as conclusões que eram solicitadas no guia.

Esse guia de atividades foi organizado de modo que, inicialmente, os alunos realizassem medições e fizessem conclusões a respeito da relação entre a massa e o período de oscilação. Depois, as medições envolveram a determinação da constante elástica da mola utilizada na atividade. Por fim, com o valor da constante determinado, eles calcularam o período de oscilação utilizando a relação $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ e compararam o resultado desse valor com o valor obtido para um período médio de dez oscilações, a fim de verificar a validade dos dados experimentais obtidos.

A análise dos dados obtidos pelos grupos indica que a atividade reforçou o entendimento da relação entre a massa do sistema e o período de oscilação. Isso pode ser

⁴ Cabe ressaltar que o projeto não previu mais atividades experimentais porque o *Campus* Bagé do IFSul teve seu prédio oficial inaugurado no primeiro semestre de 2011 e não havia, até a aplicação do projeto, laboratório de física nem equipamentos disponíveis para o trabalho experimental.

observado nos dados retirados da primeira parte do guia de atividades, quando os grupos foram orientados a realizar a seguinte atividade com os seguintes questionamentos:

- Coloque a massa de 25g a oscilar e, utilizando o cronômetro, verifique o intervalo de tempo para 10 oscilações. Após, faça uma média para determinar o período médio de oscilação. Repita a experiência utilizando a massa de 75g.
- Qual o período de oscilação para a massa de 25g?
 - Qual o período de oscilação para a massa de 75g?
 - Com base no resultado experimental, relacione a massa do sistema com o período de oscilação?

O quadro 4 mostra as respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 4 - Respostas dadas pelos alunos na atividade experimental sobre Movimento Harmônico Simples.
Fonte: do autor

Grupo	a) Qual o período de oscilação para a massa de 25g?	b) Qual o período de oscilação para a massa de 75g?	Com base no resultado experimental, relacione a massa do sistema com o período de oscilação?
1	1,063s	1,444s	Quanto maior a massa, maior o período de oscilação.
2	0,844s	1,294s	Quanto maior a massa, maior será o período.
3	1,09s	1,53s	Quanto maior a massa, maior é o período de oscilação.
4	1,256s	1,494s	Quanto maior a massa, maior o período de oscilação.
5	1s	1,4s	Quanto maior a massa, maior é a oscilação.
6	1,1s	1,6s	Quanto maior a massa do corpo, maior é o período de oscilação.
7	1,08s	1,61s	Quanto maior o peso mais demora a oscilação.

Dessa primeira parte da atividade, cabe ressaltar que todos os 7 grupos conseguiram chegar na conclusão de que quanto maior a massa do sistema maior é o período de oscilação.

Esses dados reforçam o entendimento dessa relação pelos alunos, pois eles observaram na prática experimental o que já havia sido observado na simulação computacional.

Depois, os grupos determinaram o valor da constante elástica da mola. Para isso, realizaram a atividade abaixo:

Agora, você vai utilizar as massas de 25g, 50g, 75g, 100g e 125g (combinando a de 100g e a de 25g). Inicialmente verifique, utilizando a régua de madeira, a distância que a parte inferior da mola está do piso da sala de aula (nível de referência). Após, pendure a massa de 25g, deixe o mola atingir o repouso e verifique a distância em relação ao piso da sala de aula. Assim, você poderá determinar a elongação sofrida pela mola comparando a alteração da distância da parte inferior da mola em relação ao piso nas duas situações. Repita a procedimento com as massas de 50g, 75g, 100g e 125g.

a) Preencha a planilha AULA 10 que está na área de trabalho do seu computador. Utilize a tabela abaixo com rascunho.

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Fel (N)	Posição (cm)	Posição (m)	Elongação (m)	Constante elástica K (N/m)
25							
50							
75							
100							
125							

b) Utilizando os dados da atividade experimental, calcule a constante elástica média.

O resultado da constante elástica obtido nessa atividade foi utilizado para calcular o período de oscilação. Para que os alunos pudessem verificar a validade dos dados obtidos experimentalmente, solicitamos que eles, utilizando cronômetros, verificassem o período de oscilação fazendo uma medição do período médio para dez primeiras oscilações, a fim de comparar os dois resultados. Esses dados e a conclusão que os diferentes grupos chegaram estão no Quadro 5:

Quadro 5 - Resultados da aferição do período de oscilação fazendo uma medição do período médio para dez primeiras oscilações.

Fonte: do autor

Grupo	Valor médio da constante elástica: determinado experimentalmente	Período de oscilação para uma massa de 50g - $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	Valor médio do período de oscilação para as 10 primeiras oscilações com uma massa de 50g	Conclusão
1	1,3N/m	1,256s	1,17s	0,09s – fórmula e prática tem margem de erro mínimo, são dados experimentais aceitáveis.
2	1,07 N/m	1,45s	1,5s	São resultados semelhantes.
3	1,31 N/m	1,19s	1,23s	Os valores são muito próximos, mas por meio de cálculos o resultado foi um pouco menor do que com o cronômetro.
4	1,12 N/m	1,33s	1,293s	São valores próximos.
5	1,32 N/m	1,19s	1,29s	Houve uma diferença de 0,1s
6	1,93 N/m	3,32s	1,1s	O valor foi quase o triplo.
7	1,18 N/m	1,28s	1,37s	Os resultados são próximos, mesmo que no primeiro não utilizamos dados experimentais não exatos, e no segundo utilizamos dados concretos.

As respostas indicam que a atividade experimental foi realizada de maneira adequada por todos os grupos. Foi constatado apenas um erro, no grupo 6, o qual calculou de maneira errada o período de oscilação.

Consideramos o décimo encontro de grande valia, pois os estudantes se envolveram bastante na realização da atividade experimental e, mesmo sendo a primeira atividade experimental com a qual entraram em contato no Ensino Médio, conseguiram montar corretamente o aparato experimental e realizar as medições e cálculos com grande sucesso. Ainda, cabe ressaltar que os estudos sobre o Movimento Harmônico Simples realizados no encontro anterior com o auxílio do *software Modellus* certamente contribuíram de maneira significativa para o sucesso da atividade experimental, corroborando os resultados de Dorneles, Araujo e Veit (2012), que argumentam que a visualização propiciada pelo uso de simulações pode tornar os alunos mais motivados e capazes de interagirem de forma significativa com experimentos.

5.1.9 Décimo primeiro encontro: avaliação e aplicação do pós-teste

O último encontro de aplicação da proposta didática foi reservado para duas avaliações referentes aos conteúdos trabalhados ao longo do desenvolvimento da proposta. Para tanto, dividimos o encontro em dois momentos: o primeiro para uma avaliação utilizando questões qualitativas referentes a concepções entre força e movimento, tomando por base o MHS; e o segundo para aplicação do Teste de Concepções Alternativas, o pós-teste, objetivando uma comparação estatística entre o resultado da aplicação inicial (pré-teste) e final (pós-teste).

Programamos a parte inicial da avaliação (Apêndice M) para que os alunos, individualmente, respondessem dois questionamentos referentes à relação entre força e movimento, todas envolvendo o caso de um Movimento Harmônico Simples, escolhido justamente porque propicia um confronto entre as concepções alternativas que os alunos apresentam da relação entre força e movimento com as concepções cientificamente aceitas.

Então, os alunos foram colocados frente a seguinte situação-problema e aos respectivos questionamentos:

A Figura 1 representa um sistema massa-mola, ou seja, um bloco, com determinada massa, preso a uma mola ideal não deformada (com massa desprezível e coeficiente de elasticidade constante), inicialmente em repouso. A Figura 2 mostra um menino que distende a mola, afastando o sistema da sua posição de equilíbrio. Nas figuras, estão representados os pontos da trajetória do bloco - A, B, C, D e E -, sendo A e E os pontos extremos do movimento do bloco. Considere desprezíveis todas as formas de atrito.

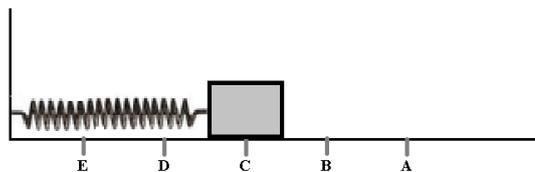


Figura 1 – Sistema massa-mola.

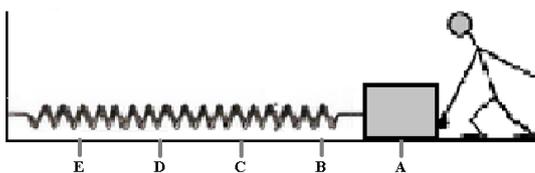


Figura 2 – Sistema massa-mola.

1. Considere que o sistema massa-mola mostrado na Figura 2 foi colocado para oscilar em um dado instante de tempo. Explique por quê, ao passar pela posição de equilíbrio (força resultante nula), o sistema não atinge o repouso imediatamente.
2. Com base na situação-problema acima e, também, no que foi trabalhado ao longo deste semestre, é correto afirmar que “o módulo da força resultante sobre um objeto é proporcional à velocidade do objeto, ou seja, o valor da força é proporcional ao valor da velocidade”?

Dos 26 alunos, 10 responderam corretamente à primeira questão. Destacamos algumas dessas respostas, que explicam a questão por diferentes interpretações:

“Por causa que quando ele chega no ponto de equilíbrio sua velocidade é máxima a partir desse momento a força elástica age de forma contrária à velocidade tentando fazer o objeto voltar a seu ponto de equilíbrio”. (aluno 15)

“Porque foram desprezadas as forças de atrito e porque ele vem já ganhando velocidade até atingir o ponto C”. (aluno 20)

“Porque quando ele passa pelo ponto C, não existe deformação na mola, logo, a aceleração é nula, mas existia uma velocidade, que faz com que o objeto siga a sua trajetória”. (aluno 14)

“Porque quando foi colocado para oscilar ele ganhou velocidade passando pelo ponto C com velocidade máxima”. (aluno 18)

Outros 11 alunos justificaram o fato de o objeto não atingir o repouso pela presença da força elástica. Nesse sentido, entendemos que, mesmo não sendo uma resposta correta, uma vez que a força elástica é nula no ponto C, eles associaram a oscilação do movimento pela presença da força elástica que é exercida no objeto. Quatro alunos justificaram que o “atrito” iria fazer o sistema parar de oscilar, mas algum tempo depois de iniciada a oscilação, ou seja, esses estudantes não atentaram para a ausência de força de atrito, o que é uma

resposta esperada, uma vez que a não presença do atrito é uma idealização que o modelo propõe e um fator que faz com que os alunos apresentem concepções alternativas, pensar o movimento na ausência de forças opositoras. Um aluno não respondeu a questão.

Em relação ao segundo questionamento, apenas 6 alunos responderam corretamente à questão, o que indica a presença de concepção alternativa na relação força e movimento. Desses alunos, 4 responderam “não” e 2 deles responderam “sim”, mas justificando sua interpretação. Apresentamos algumas dessas respostas:

“Não. No sistema massa-mola quando a força é máxima a velocidade é nula e quando a velocidade é máxima a força é nula”. (aluno 24)

“Não, pois quanto maior a velocidade, menor a força resultante, e vice-versa”. (aluno 9)

“Não, porque em sempre a força aplicada é no mesmo sentido da velocidade”. (aluno 6)

“Dependendo do caso sim no exemplo desse caso quanto maior a força que aplicamos na mola maior será a velocidade por que eu estou afastando mais do seu ponto de equilíbrio e ela tem tendência de voltar para seu lugar de origem.”. (aluno 15)

Outros 3 alunos responderam corretamente que ‘não’, mas justificaram indicando que a velocidade está sempre em sentido contrário à força elástica, o que está errado mas essa resposta indica que esses estudantes conseguiram associar a oscilação do corpo ao fato de a força elástica, em alguns pontos, estar em sentido contrário à velocidade e, ainda, mostraram não possuir concepção alternativa da necessidade de uma força no mesmo sentido da velocidade ou que a força é proporcional à velocidade para ocorrer o movimento.

“Não é proporcional à velocidade porque a força é para um lado e a velocidade para o outro lado”. (aluno 4)

“Não, a força atua contra a velocidade, é isso que faz o objeto oscilar”. (aluno 25)

Os outros 17 alunos responderam que ‘sim’ e justificaram indicando a necessidade da força a favor do movimento.

“Sim. Quanto mais força for aplicada em um objeto mais velocidade esse objeto terá”. (aluno 26)

“Sim porque quanto mais força aplicada mais velocidade fica o objeto”. (aluno 13)

“Sim, quanto maior a força, maior a velocidade”. (aluno 19)

“Sim, a velocidade é um produto da força, que depende da velocidade por isso”
(aluno 14)

Essas respostas indicam a presença de uma concepção alternativa, assim como já havíamos evidenciado na análise dos objetivos de aprendizagem 2.1 e 4.1.

Essas respostas já eram esperadas, pois, conforme relatamos na revisão da literatura, mesmo após trabalharem certos conteúdos, os alunos continuam com concepções alternativas. Justamente por isso, realizamos a avaliação de maneira a propiciar que o próprio aluno pudesse confrontar sua resposta. Então, em um segundo momento dessa mesma avaliação, os alunos foram para o laboratório de informática e, reunidos em duplas, responderam às mesmas perguntas, mas agora analisando a simulação da situação-problema com o *software Modellus*.

Então, interagindo com a simulação (figura 19), os alunos responderam de maneira a poder alterar as respostas dadas na primeira parte da avaliação.

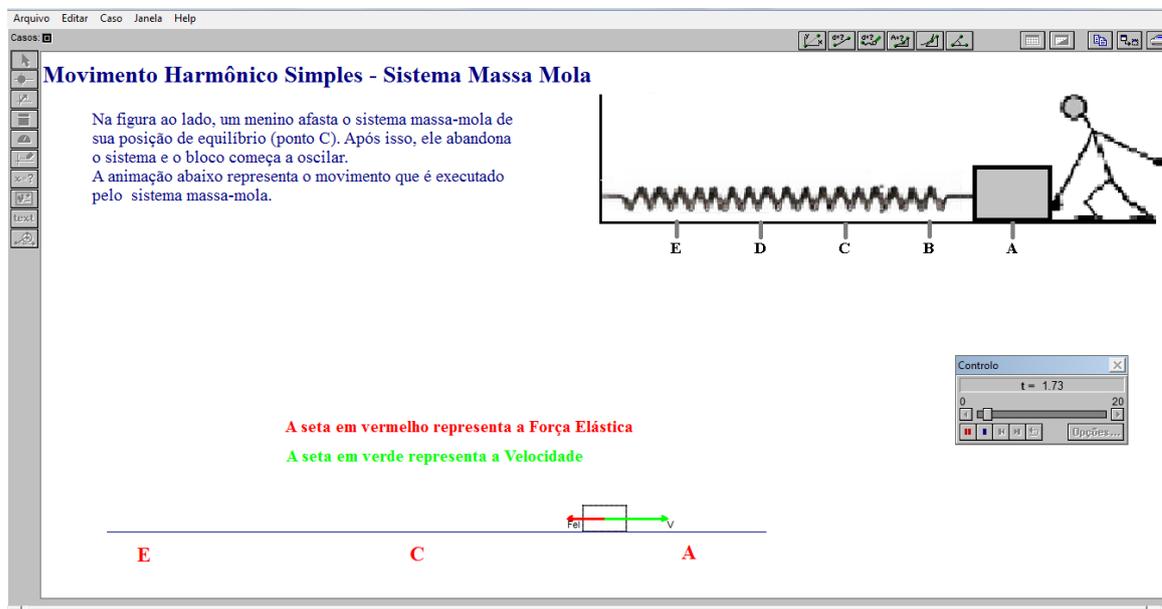


Figura 19 - Simulação no *software Modellus* (arquivo eletrônico: mhs_avalicao.mdl) do Movimento Harmônico Simples - Sistema Massa-Mola.

Fonte: do autor

Dos 26 alunos, 24 responderam corretamente à primeira questão, o que evidencia que a análise da simulação propiciou uma interpretação correta da situação e ajudou a confrontar a primeira resposta à mesma questão, à qual apenas 10 alunos haviam respondido corretamente.

Já na segunda pergunta, em que 17 dos 26 alunos haviam respondido que a força é proporcional à velocidade, a interação com a simulação propiciou um avanço para alguns estudantes. Agora, 16 estudantes responderam de maneira correta; 10 ainda responderam que quanto maior a força aplicada maior a velocidade.

Aqui, vamos exemplificar algumas dessas respostas corretas, todas retiradas de guias de atividade dos alunos que, na primeira resposta, responderam erroneamente e depois, após analisar a simulação, trocaram a resposta.

“Não. Quanto maior o vetor da velocidade menor o vetor da força elástica.”. (aluno 1)

“Quando o objeto passa pelos extremos, sua velocidade é nula, e a força resultante é máxima. Enquanto que, quando perto do ponto de equilíbrio, ocorre o inverso. Portanto, não está correta.”. (aluno 18)

“Não, pois, nesse caso, quando o vetor velocidade é maior, a força é menor”. (aluno 14)

Após a realização da atividade envolvendo as perguntas sobre a relação força e movimento, os alunos passaram à segunda parte do décimo primeiro encontro, realizando o teste de concepções alternativas.

A análise estatística da aplicação do pré-teste e do pós-teste está na seção seguinte.

5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA: PRÉ E PÓS-TESTE

Conforme já mencionado no capítulo desta dissertação que tratou da metodologia utilizada na proposta didática, aplicamos um teste de concepções alternativas (Apêndice A) objetivando verificar a existência de concepções alternativas por parte dos estudantes e, então, utilizar essas informações para o desenvolvimento das aulas. O teste serviu, também, como um instrumento de avaliação individual, sendo uns dos diversos instrumentos de avaliação da proposta didática. No primeiro encontro com a turma, aplicamos o pré-teste e, no décimo primeiro encontro, o pós-teste.

O teste teve como base as seis situações-problema do Quadro 1, exploradas em 20 questões de múltipla escolha. Para a avaliação do resultado da aplicação, foi considerado o escore 0,5 para as respostas corretas e 0 para as incorretas. Assim, em cada uma das aplicações o escore máximo possível era de 10 pontos.

Na Tabela 1, podemos observar que houve uma evolução entre a média do pré-teste em comparação com a do Pós-teste. Realizamos o teste t de *Student* para avaliar a significância da diferença entre as médias do pré e do pós-teste. Segundo o *teste t para amostras relacionadas* ($t = 2,6$) a diferença entre as médias é estatisticamente significativa em nível inferior a $0,05^5$. Este resultado nos leva a concluir que houve ganhos, em termos de facilitação da aprendizagem dos alunos, com a implementação da nossa proposta didática.

Tabela 1 - Estatística relativa aos escores no pré-teste e no pós-teste.

Fonte: do autor

	Número de respondentes	Média	Desvio-padrão	Desvio-padrão da média	Coefficiente alfa de Cronbach
Pré-teste	26	3,0	1,1	0,21	0,30
Pós-teste	26	4,3	2,6	0,51	0,88

Na Figura 20, podemos observar as barras de erro para os escores dos testes.

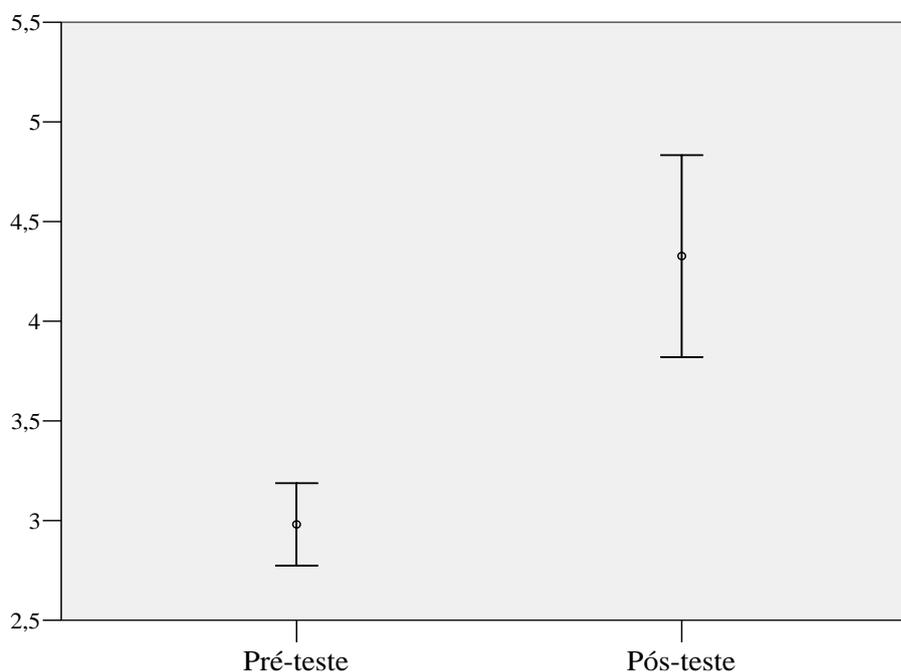


Figura 20 - Gráfico de barra de erro de um desvio padrão da média para os escores no pré-teste e no pós-teste.

Fonte: do autor

⁵ Referência ao texto *Determinando a significância estatística para as diferenças entre médias*, de Fernando Lang da Silveira, especialmente produzido em 25/09/2006 para os *Seminários sobre Métodos Quantitativos* promovido pelo Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IF-UFRGS). Disponível em http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf. Acesso em 23 ago. 2012.

A partir dos dados obtidos, determinamos o coeficiente alfa de *Cronbach* (coeficiente de fidedignidade). O coeficiente de fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, isto é, ao grau de consistência dos valores medidos. Para Moreira e Silveira (1993), ao utilizarmos os escores com a finalidade de comparar grupos em médias, podemos admitir coeficientes da ordem de 0,7.

Então, a partir da Tabela 1, verificamos que o pós-teste alcançou um coeficiente de fidedignidade elevado (0,88), ou seja, esse escore possui fidedignidade. Já no pré-teste o coeficiente de fidedignidade é baixo, pois todos os alunos obtiveram escores baixos (escore máximo no pré-teste foi 4,5), apresentando pouca variabilidade. Essa pouca variabilidade é identificada nos histogramas da Figura 21. Tais histogramas evidenciam que, no pós-teste, os escores foram muito mais variáveis do que no pré-teste.

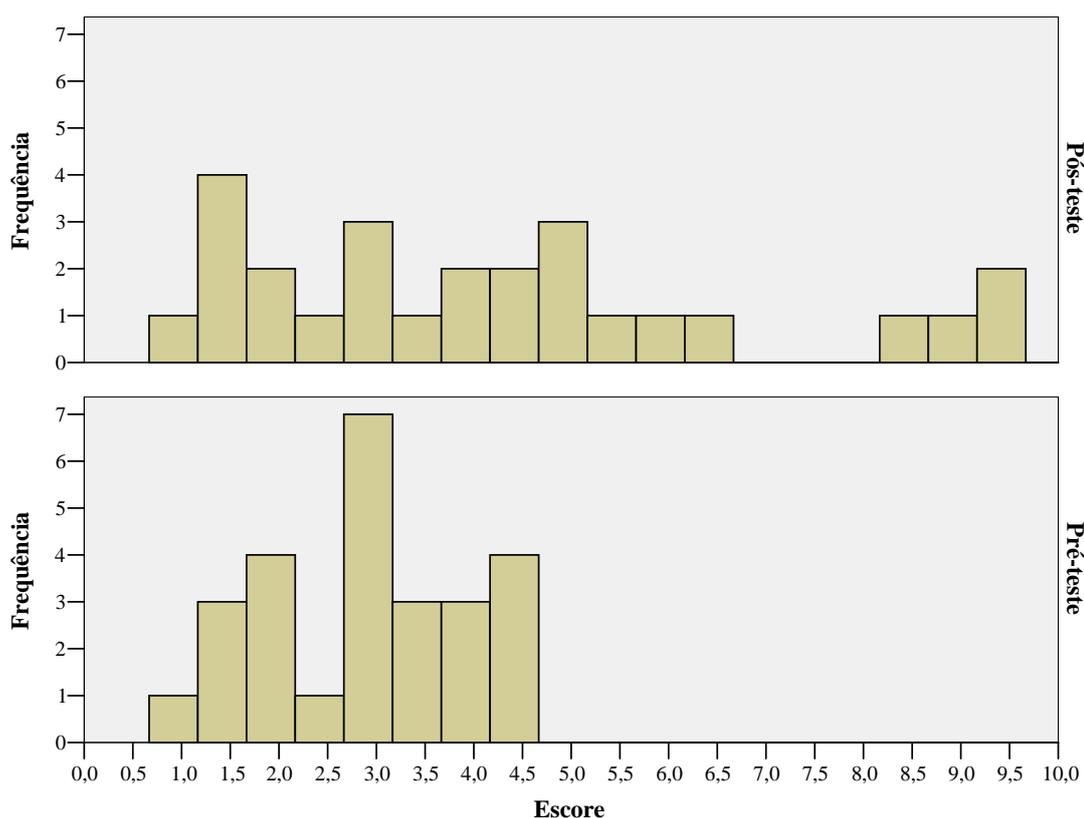


Figura 21- Histogramas para os escores no pré-teste e no pós-teste.

Fonte: do autor

Apesar de observamos que houve uma evolução positiva dos escores do pré-teste para o pós-teste, evidenciada por uma diferença estatisticamente significativa entre as respectivas médias, destacamos que esperávamos melhores resultados no pós-teste. Isso nos motivou a

realizar uma análise quantitativa por situação-problema e triangular com os dados qualitativos apresentados nas seções anteriores deste capítulo.

O Quadro 6 compara, para cada objetivo de aprendizagem, os dados quantitativos com os dados qualitativos e, ainda, traz um comentário interpretativo, em que sintetizamos o cruzamento desses dados. Nesse quadro, atribuímos as seguintes siglas, na coluna referente à análise qualitativa: ACC, para o número de alunos que se Aproximaram das Concepções Científicas, e PCA, para o número de alunos que Permaneceram com Concepções Alternativas. Na coluna referente à análise quantitativa, utilizamos percentuais para representar os acertos dos estudantes nas questões do teste relacionadas com os objetivos de aprendizagem.

Quadro 6 - Triangulação dos dados qualitativos e quantitativos.

Fonte: do autor

SP	Objetivos de aprendizagem	Análise Qualitativa	Análise Quantitativa	Comentário interpretativo
1	1.1 - 1.2	Frequência de ACC: 23 Frequência de PCA: 03	Proporção de acertos na questão 5 = 62%	Para esses objetivos de aprendizagem, tanto a análise qualitativa quanto a análise quantitativa indicam uma aproximação dos conceitos cientificamente aceitos, uma vez que o texto auxiliou os alunos na aproximação dos conceitos cientificamente aceitos referentes à primeira situação-problema do Quadro 1 e que o percentual de acertos é aceitável para a questão relativa aos objetivos de aprendizagem, pois utilizamos para análise qualitativa dados dos guias preenchidos no dia atividade e os quantitativo são oriundos da aplicação final do texto, aplicada várias semanas após o desenvolvimento das atividades

Continua

Continuação

2	2.1	Frequência de ACC: 03 Frequência de PCA: 23	Proporção de acertos na questão 1 = 15%	Para esse objetivo de aprendizagem, tanto a análise qualitativa quanto a análise quantitativa indicam a permanência de concepção alternativa. As respostas apresentadas pelos alunos indicam que, na relação força-movimento, existe a necessidade da presença de uma força a favor do movimento.
	2.2	Frequência de ACC: 26 Frequência de PCA: 00	Proporção de acertos na questão 4 = 73%	Para esse objetivo, tanto a análise qualitativa quanto a quantitativa indicam uma aproximação dos conceitos cientificamente aceitos.
	2.3 - 2.4	Frequência de ACC: 20 Frequência de PCA: 06	Não avaliado	Os dados qualitativos sugerem aproximação das concepções cientificamente aceitas por parte da maioria dos estudantes, e o resultado das questões 2 e 3 do teste indicam entendimento da ação exclusiva da força gravitacional na altura máxima e na descida. Em relação aos dados quantitativos, não havia questão específica do teste relacionada a esses objetivos.
3	3.1 - 3.4	Frequência de ACC: 26 Frequência de PCA: 00	Proporção média de acertos nas questões 6, 7 e 8 em conjunto = 21%	Para esses objetivos, todos os alunos se aproximaram das concepções cientificamente aceitas na exploração e interpretação da atividade de vídeo-análise (Figuras 8 e 9). Porém, o baixo rendimento no teste pode ter ocorrido em função do pouco tempo de trabalho em sala de aula

Continua

Continuação

				para essa terceira situação-problema e, como relatado na análise da aula, da dificuldade apresentada pelos alunos nessa aula. Outra dificuldade que atribuímos é a complexidade do movimento em duas dimensões estudado em relação aos dois primeiros (uma dimensão).
4	4.1	Frequência de ACC: 20 Frequência de PCA: 06	Proporção de acertos na questão 12 = 19%	Para esse objetivo, após a interação com o material instrucional, 20 alunos se aproximaram das concepções cientificamente aceitas, mas, inicialmente, 20 haviam indicado uma força a favor do movimento, que, no caso, não existia. Mesmo a interação com o <i>Software Modellus</i> tendo propiciado um avanço conceitual, o resultado no teste foi baixo, indicando que ainda persiste concepção alternativa. Assim como no objetivo 2.1, as respostas, nesse caso dos dados quantitativos, sugerem a necessidade de uma força a favor do movimento.
	4.2	Frequência de ACC: 26 Frequência de PCA: 00	Não avaliado	Para esse objetivo de aprendizagem, os dados qualitativos indicam uma aproximação dos conceitos cientificamente aceitos. Não havia nenhuma questão do teste específica para esse objetivo.
	4.3	Frequência de ACC: 26	Não avaliado	Para esse objetivo de aprendizagem, os dados qualitativos indicam uma aproximação dos conceitos cientificamente aceitos.

Continua

Continuação

		Frequência de PCA: 00		Não havia nenhuma questão do teste específica para esse objetivo.
	4,4	Frequência de ACC: 19 Frequência de PCA: 07	Proporção de acertos na questão 13 = 69%	Para esse objetivo de aprendizagem, tanto os dados qualitativos quanto os dados quantitativos sugerem uma aproximação dos conceitos científicos. Atribuímos o resultado qualitativo satisfatório, dentre outros fatores, à introdução de um erro na simulação e a sua indagação, o que gerou necessidade de investigação por parte dos estudantes para a identificação desse erro. Quantitativamente, o percentual relativo ao teste foi satisfatório.
5	5.1	Frequência de ACC: 22 Frequência de PCA: 04	Não avaliado	Para esse objetivo de aprendizagem, os dados qualitativos indicam uma aproximação dos conceitos cientificamente aceitos. Não havia nenhuma questão do teste específica para esse objetivo.
	5.2	Frequência de ACC: 22 Frequência de PCA: 04	Proporção de acertos na questão 11 = 31%	Para esse objetivo de aprendizagem, os dados qualitativos indicam uma aproximação dos conceitos científicos. Porém, os alunos apresentaram dificuldade no pós-teste relativo à questão 11, específica para o objetivo em análise (velocidade constante nas situações em que se tem força resultante nula).

Continua

Continuação

				Por outro lado, tiveram bom índice nas questões 9 e 10, que se referem à mesma situação-problema, apresentando um valor médio para essas questões de 63%. Isso indica que os alunos foram capazes de interpretar que, na situação de uma força aplicada a favor do movimento com módulo maior que o da força de atrito cinético, a velocidade é crescente.
6	6.1 - 6.2	Frequência de ACC: 22 Frequência de PCA: 04	Proporção média de acertos nas questões 14, 15, 16, 17 e 18 em conjunto = 43%	Em relação a esses objetivos de aprendizagem, os dados qualitativos indicam que a interação com o <i>software Modellus</i> e com a atividade experimental propiciou aproximação dos conceitos cientificamente aceitos. Nas respostas às questões do teste, os alunos apresentaram resultado abaixo do esperado. Atribuímos essa diferença para uma possibilidade de maior dificuldade de interpretação das questões do teste em relação ao material instrucional, o que dispendeu maior tempo e mais interação com outros recursos didáticos.
	6.3	Frequência de ACC: 24 Frequência de PCA: 02	Proporção média de acertos nas questões 19 e 20 em conjunto = 36% (média)	

O quadro 6 evidencia uma forte tendência de os dados qualitativos terem contribuído mais para a evidência da aproximação dos objetivos de aprendizagem estabelecidos no presente trabalho. Nesse sentido, atribuímos essa diferença ao fato de termos utilizado, para

os dados qualitativos, várias fontes de evidências e, para os dados quantitativos, apenas o teste contendo poucas questões para cada objetivo. Cabe destacar, também, que os dados qualitativos sempre foram coletados no mesmo dia em que as atividades foram desenvolvidas e os quantitativos do pós-teste somente foram coletados ao final do estudo. Nesse sentido, os dados quantitativos podem evidenciar retenção dos conteúdos trabalhados. Em vários objetivos de aprendizagem, houve concordâncias entre as análises, destacando-se fortes indícios de boa compreensão por parte dos alunos das situações do movimento de subida e descida no vácuo e dos movimentos envolvendo força de atrito.

Ainda assim, em relação a essas situações, os dados indicam persistência da concepção alternativa de necessidade de uma força a favor do movimento em alguns momentos, nos objetivos de aprendizagem 2.1 e 4.1, casos em que a força resultante possui sentido contrário ao da velocidade. Nesses casos, para futuras aplicações da proposta didática, conforme já relatamos na análise qualitativa dos encontros, proporemos reformulação nas atividades didática (guias de atividades e simulações) com objetivo de tornar esse material mais coerente com as dificuldades apresentadas pelos alunos, procurando explorar melhor a diferenciação entre os significados dos conceitos de força e velocidade no contexto de sala de aula e da vida diária dos alunos.

Em relação à terceira situação-problema, referente ao movimento de um objeto lançado obliquamente, entendemos que, em aplicações futuras, será necessário programar uma discussão com os alunos e maior tempo de interação deles com os recursos didáticos propostos, uma vez que, conforme já relatado, eles apresentaram dificuldades de trabalhar com a vídeo-análise. Mesmo com essa dificuldade, qualitativamente, existiram bons indícios de compreensão por parte dos alunos, o que sugere investir em diferentes situações que explorem mais os objetivos não alcançados.

Por fim, em relação ao MHS, obtivemos fortes indícios qualitativos de boa compreensão por parte dos alunos, mas os resultados quantitativos evidenciam que apenas 30%, em média, apresentaram respostas adequadas. Como o Movimento Harmônico Simples é um pouco mais complexo que os demais, entendemos como possíveis os resultados qualitativos, uma vez que requer maior interpretação por parte dos estudantes. Mesmo assim, nas futuras aplicações, devemos investir em situações que reforcem mais os objetivos dessa parte da proposta didática.

Interessante evidenciarmos que, no encontro destinado ao MHS, utilizamos de experimentos na proposta de atividade, o que, na opinião dos alunos no questionário que lhes aplicamos, foi o fator que mais contribuiu para o aprendizado. Por isso, é importante fazermos

a análise das respostas dadas pelos alunos nesse questionário, o que faremos na próxima seção.

5.3 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Após a aplicação de toda a unidade didática, solicitamos que os alunos respondessem um questionário (Apêndice N), para que expusessem suas percepções acerca da metodologia a que foram expostos. Dos 26 alunos que constituíram a turma, 20 alunos estiveram presentes à aplicação do questionário. A análise das respostas é apresentada a seguir.

5.3.1 Levantamento de fatores que podem ter contribuído para o aprendizado, para a motivação para aprender e para sanar as dificuldades dos alunos

A primeira pergunta do questionário requeria que os estudantes ordenassem, em ordem crescente, quais fatores contribuíram mais (i) para o seu aprendizado, (ii) para aumentar sua motivação para aprender e (iii) para sanar suas dificuldades. Os fatores apresentados aos alunos foram quatro: (a) uso de experimentos; (b) uso do computador; (c) trabalho em grupo; e (d) interação com o professor.

A Tabela 2, a seguir, mostra a resposta dos alunos em relação aos fatores que contribuíram para o aprendizado.

Tabela 2 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para o aprendizado dos conteúdos trabalhados na unidade didática.

Fonte: do autor

<i>Fator</i>	<i>Nº Escolhas em</i>	<i>Nº Escolhas em</i>	<i>Nº Escolhas em</i>	<i>Nº Escolhas em</i>	<i>Total</i>
	<i>1ª opção</i>	<i>2ª opção</i>	<i>3ª opção</i>	<i>4ª opção</i>	
Uso de experimentos	8	4	4	4	20
Uso do computador	-	8	5	7	20
Trabalho em grupo	2	2	7	9	20
Interação com o professor	10	6	4	-	20

Percebemos, a partir da análise da Tabela 2, que, no que diz respeito à contribuição para o aprendizado, os fatores mais lembrados pelos alunos foram Interação com o professor e Uso de Experimentos, tendo respectivamente 10 (50%) e 8 (40%) escolhas em primeira opção. As opções menos lembradas pelos alunos foram Trabalho em grupo e Uso do Computador; o fator Trabalho em grupo teve apenas duas lembranças como principal fator contribuidor para o aprendizado, representando 10% das escolhas em primeira opção, enquanto que o fator Uso do computador não foi lembrado por nenhum dos 20 alunos como fator que mais colaborou para o aprendizado dos conteúdos tratados na unidade didática. No entanto, esse mesmo fator é o que mais aparece, nas respostas dos alunos, como segundo mais importante para o aprendizado, com 8 escolhas, representando 40% das respostas. Também, destacamos que, seguido do fator Trabalho em grupo, que teve 9 (45%) das 20 escolhas, o fator Uso do computador foi o segundo fator mais escolhido – com 7 (35%) das 20 escolhas – como fator que menos contribuíram para o aprendizado.

Acerca dos fatores que contribuíram para motivar os alunos a aprender, as respostas apresentadas pelos alunos estão apresentadas na Tabela 3, abaixo apresentada.

Tabela 3 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para motivá-los a aprender.
Fonte: do autor.

<i>Fator</i>	<i>Nº Escolhas em 1ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 2ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 3ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 4ª opção</i>	<i>Total</i>
Uso de experimentos	10	5	1	4	20
Uso do computador	6	2	5	7	20
Trabalho em grupo	2	5	9	4	20
Interação com o professor	2	8	5	5	20

Podemos constatar, pela análise da tabela acima, que, assim como ocorrera nos dados referentes aos fatores que influenciaram o aprendizado, Uso de experimentos foi, novamente, o fator mais lembrado pelos alunos, seguido, desta vez, do fator Uso do Computador; cada um teve 10 (50%) e 6 (30%) das escolhas em primeira opção, respectivamente. A Tabela 3 também nos mostra que os fatores menos lembrados pelos alunos, na primeira opção para contribuir com a motivação para aprender, foram Trabalho em grupo e Interação com o professor, com duas escolhas em cada, representando 10% das escolhas. Ocorre que,

conforme podemos observar, Uso do computador foi o fator que, considerando as respostas dadas pelos 20 alunos que responderam ao questionário, mais apareceu como fator que menos contribuiu para a motivação a aprender, com 7 escolhas em quarta opção, representando 35% das respostas.

A Tabela 4, a seguir, mostra a resposta dos alunos em relação aos fatores que contribuíram para sanar suas dificuldades.

Tabela 4 - Respostas dos alunos sobre os fatores que contribuíram para sanar suas dificuldades.
Fonte: do autor

<i>Fator</i>	<i>Nº Escolhas em 1ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 2ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 3ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 4ª opção</i>	<i>Total</i>
Uso de experimentos	6	3	5	6	20
Uso do computador	4	6	4	6	20
Trabalho em grupo	7	6	5	2	20
Interação com o professor	3	5	6	6	20

A Tabela 4, acima, mostra que os fatores Trabalho em grupo e Uso de experimentos dividiram as opiniões dos alunos como mais importantes para sanar suas dificuldades; cada um apresentou 7 (35%) e 6 (30%) das respostas em primeira opção. Porém, pelo que se vê na Tabela, houve bastante diversidade no fator escolhido pelos alunos como o que menos contribuiu para sanar as dificuldades: Uso de experimentos, Uso do computador e Interação com o professor tiveram todos 30% de escolhas como quarta opção.

Na Tabela 5, abaixo, apresentamos os dados das respostas acerca da influência dos fatores no aprendizado, no aumento da motivação para aprender e no saneamento das dificuldades.

Tabela 5 - Respostas dos alunos sobre os fatores que mais contribuíram durante a aplicação da unidade didática.
Fonte: do autor

<i>Fator</i>		<i>Nº Escolhas em 1ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 2ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 3ª opção</i>	<i>Nº Escolhas em 4ª opção</i>
Uso de Experimento	Aprendizado	8	4	4	4
	Motivação	10	5	1	4
	Dificuldade	6	3	5	6
Total (Uso de Experimento)		24	12	10	14
Uso do computador	Aprendizado	0	8	5	7
	Motivação	6	2	5	7
	Dificuldade	4	6	4	6
Total (Uso do Computador)		10	16	14	20
Trabalho em grupo	Aprendizado	2	2	7	9
	Motivação	2	5	9	4
	Dificuldade	7	6	5	2
Total (Trabalho em grupo)		11	13	21	15
Interação com o professor	Aprendizado	10	6	4	0
	Motivação	2	8	5	5
	Dificuldade	3	5	6	6
Total (interação com o professor)		15	19	15	11
Total		60	60	60	60

Através da tabela acima, conseguimos observar a predominância do fator Uso de experimento como mais importante no transcorrer das atividades da unidade didática, seguido de Interação com o professor, Trabalho em grupo e Uso do computador. Chama-se atenção para o dado de que Uso do computador foi o fator que mais apareceu como menos importante para contribuir no aprendizado, na motivação e no saneamento das dificuldades. Para melhor entender esse resultado, passamos às análises das respostas abertas dos alunos sobre a proposta didática à qual foram expostos.

5.3.2 Avaliação dos alunos sobre as atividades desenvolvidas

No questionário que aplicamos aos estudantes, perguntamos aos alunos como eles avaliavam as atividades desenvolvidas na disciplina de Física, durante o semestre; a essa pergunta, os estudantes puderam responder abertamente. Das respostas dadas pelos alunos, alguns aspectos aos quais eles deram ênfase nos chamam atenção.

Dois alunos destacaram a interação com o professor aliada com os instrumentos utilizados em aula:

Acho que foram muito proveitosas porque além de toda interação com professor, uso de experimentos e o uso do computador serviram para tirar dúvidas, aprender e memorizar melhor todo conteúdo. (Aluno 2)

Maior aprendizado; maior interesse; interação com professores e colegas. (Aluno 4)

A interação entre os colegas também foi destacada pelos estudantes, aliada, assim como a interação com o professor, aos instrumentos adotados em aula:

De fácil entendimento, até mesmo por serem em grupos. Despertaram minha curiosidade por serem acompanhadas de experimentos e do uso do computador. (Aluno 23)

Atividades bem formuladas, realizadas de forma “tranquila”, sem toda aquela “pressão” normalmente presente em atividades avaliativas, por exemplo. O uso do computador e realização de trabalhos/provas em dupla/com consulta também foram de grande auxílio e provavelmente renderam mais do que renderiam da maneira tradicional. (Aluno 8)

A maioria dos alunos, porém, a exemplo do que fez o aluno 8, destacou o fato de as atividades propostas durante a disciplina terem proporcionado a percepção da Física no seu aspecto prático, fugindo da teoria exclusivamente; relevaram, portanto, a preferência pelo ensino de Física que expõe os alunos à parte prática da disciplina, em detrimento do que chamaram de ensino de Física no modo tradicional. É o que vemos nas respostas apresentadas abaixo:

Muito interessante, concluí que nós aprendemos melhor física na prática do que somente na teoria, e não fica uma coisa cansativa de se fazer. (Aluno 19)

Bem interessantes, nos da motivação para aprender, não ficou uma coisa chata de fazer. (Aluno 11)

No meu caso teve resultados mais do que o esperado, pois aprendi mais Física neste semestre, do que no ensino médio inteiro. (Aluno 9)

Diferentes de outras atividades que já realizei na disciplina em outros colégios, mas aprendi com mais facilidade com o uso do laboratório, experimentos e com a possibilidade de fazer trabalhos em duplas enfim gostei bastante. (Aluno 21)

Achei muito interessante, fiz experimentos que não tinha feito em nenhuma outra escola no qual me facilitou muito em aprender sobre o conteúdo (Aluno 10)

Atividades muito boas para o ensino e interesse do aluno, aulas diferentes das “convencionais” e, acredito eu, com maior aprendizado. (Aluno 3)

Foram muito melhores que normalmente seriam em uma aula de física comum. Tanto que temos **3 aulas seguidas e elas nunca foram tão cansativas**. (Aluno 6 - grifo nosso)

Na minha opinião todas as atividades que foram desenvolvidas me ajudaram muito para entender a física já que tenho dificuldade, mas nesse semestre eu consegui entender a matéria e colocar em pratica o que aprendi, em um semestre eu consegui aprender o que durante todo os outros anos de aula **com física apenas com cálculo eu não havia conseguido**. (Aluno 5 - grifo nosso)

Destacamos, especialmente, a resposta do aluno 6, o qual lembrou que os encontros tiveram três aulas contínuas, de 45 minutos cada. Pelo que se observa na resposta do aluno, constatamos que obtivemos êxito na opção metodológica adotada, de realizar os encontros em três períodos subsequentes. Lembramos que, ao justificarmos essa opção, no Capítulo destinado aos procedimentos metodológicos da aplicação da proposta didática, referimo-nos à obediência aos princípios de Ausubel para a programação do conteúdo: diferenciação progressiva, reconciliação integradora, organização sequencial e consolidação. E, de fato, nas palavras do próprio aluno, a utilização três aulas no mesmo encontro para realizar as atividades propostas em cada dia foi favorável à execução do projeto.

Também, das respostas apresentadas acima, destacamos a do aluno 5, que se refere ao enfoque diferente dado nas atividades, distinguindo-o da Física restrita aos cálculos com a qual havia tido contato em experiências escolares anteriores. Rememoramos, nesse sentido, que trabalhar com a Física Conceitual, enfatizando menos os conhecimentos matemáticos, foi uma importante opção deste trabalho. Essa opção esteve subsidiada na constatação – informal e vivencial – do pesquisador, da sua experiência como docente do Ensino Médio, de que os alunos chegam ao esse nível da Educação Básica sem domínio dos saberes matemáticos necessários à exposição de uma abordagem matemática da Física, baseada em cálculos. Pela resposta dada pelo estudante, podemos constatar que se tratou de uma opção metodológica acertada.

Ainda acerca das respostas dos alunos sobre a genérica pergunta do questionário “como você avalia as atividades desenvolvidas nesse semestre da disciplina de Física?”, chamam-nos atenção outras duas respostas, relacionadas ao uso do computador.

É importante discutirmos as considerações trazidas pelos alunos acima, especialmente se relacionarmos aos resultados apresentados quanto à primeira pergunta do questionário, que perguntava qual o fator – (a) Uso de experimento, (b) Uso de computador, (c) Trabalho em grupo e (d) Interação com o professor – mais tinha contribuído (i) para o aprendizado, (ii) para motivar os alunos a aprender e (iii) para colaborar no saneamento das atividades. Conforme o resultado apresentado na Tabela 5, Uso do computador foi o fator que menos

apareceu como mais importante se considerarmos todas as três variáveis, com apenas 10 escolhas das 60 possíveis, representando, portanto, apenas 16,6% das respostas. De acordo com a mesma tabela, porém, em 16 respostas os alunos consideraram Uso do computador como segundo fator mais importante se considerando os dados relacionados ao aprendizado, à motivação e ao saneamento das dificuldades.

Essa mesma variação no *status* do Uso do computador como fator relevante na atividade também se verifica na análise das respostas abertas dos alunos, sobre a avaliação deles acerca das atividades, como vemos a seguir:

Boa, porque bem diferente em relação com as aulas de física do outro colégio onde eu estudava. **Acho que para um curso de informática tem que ter umas aulas assim voltadas para o computador.** (Aluno 22 - grifo nosso)

Muito interessantes e de melhor compreensão do que as atividades da Física tradicional, mas que poderiam possuir mais experiências práticas como a do MHS, e **menos no computador** (Aluno 14 - grifo nosso)

Ora, como percebemos acima, enquanto, para o aluno 22, o uso do computador é necessário às atividades, por se tratar de um curso que, embora de Ensino Médio, também forma técnicos em Informática, para o aluno 14, estudante do mesmo curso, as atividades poderiam utilizar “menos o computador”.

Por essa variação, tornam-se ainda mais relevantes as respostas dadas aos alunos à pergunta sobre o uso do computador em sala de aula. Analisamos essas respostas na subseção seguinte desta Dissertação.

5.3.3 Avaliação dos alunos sobre o uso do computador

No questionário aplicado aos alunos, perguntamos ao estudante “qual a sua opinião sobre o uso do computador na sala de aula”. Estávamos nos referindo, especificamente, às atividades feitas com as simulações, através do *software Modellus*, e das vídeo-análises, feitas com o *software Tracker*.

Retomamos, aqui, o resultado da pergunta sobre os fatores que contribuíram para o aprendizado, a motivação e o saneamento das dificuldades dos alunos. Na subseção 5.2.1, vimos que Uso do computador foi o fator menos apontado pelos alunos como o fator que mais contribuiu para o aprendizado, com nenhuma escolha para primeira opção; entretanto, foi o fator com mais escolhas como segundo mais importante para o aprendizado. No entanto,

considerando todas as variáveis em que poderia contribuir – aprendizado, motivação e saneamento das dificuldades – foi o menos considerado como mais importante e o que mais apareceu em quarta opção como fator determinante para essas variáveis citadas, com 20 escolhas das 60 possíveis.

Isso nos faz dar especial atenção às respostas dadas pelos alunos à pergunta aberta acerca do uso do computador. Dos 20 alunos que responderam ao questionário, 18 alunos relataram que o computador é um facilitador no processo de ensino e aprendizagem. Vejamos algumas das respostas:

Bem legal pois aprendemos mais é mais divertido e bem mais interessante do que fica na sala de aula só copiando ou ouvindo o professor. (Aluna 18)

Ajuda no interesse do aluno, pois hoje em dia os jovens utilizam o computador para tudo e o professor proporcionou um ensino diferente com muita qualidade, utilizando o computador. (Aluno 3)

É ótimo, melhor do que copiar horrores de matéria, e com certeza a gente aprende mais. (Aluno 19)

Acho que foi um jeito de modificar um pouco as aulas, sair um pouco da rotina de apenas copiar mais e mais matérias. (Aluno 11)

Acho ótimo pois só o fato de estarmos usando o computador já faz a aula ser menos cansativa, e da mais vontade de realizar as atividades. (Aluno 6)

Eu adorei, eu fico mais interessada na aula me motiva mais. É muito legal trabalhar em aula com o computador, eu aprendi bem mais. (Aluno 4)

Outros alunos destacam o computador como facilitador da aprendizagem:

Ajuda muito, pois podemos ver todo desenvolvimento nos ajuda a estudar pois facilita muito para nós conseguirmos memorizar (Aluno 2)

Facilita o ensino. (Aluno 21)

É uma ferramenta que auxilia muito no aprendizado e torna tudo mais fácil na hora de aprender. (Aluno 24)

Foi algo que facilitou o entendimento do conteúdo por meio de demonstrações. (Aluno 1)

Uma forma nova de aprendizado, pelo menos eu que nunca tive esta interação com o computador em aulas. Ajudou muito a compreender muitos conceitos de Física, de uma forma inovadora e que eu nunca tinha visto. (Aluno 9)

Outros destacam o computador como modo de encontrar a prática da disciplina de Física.

Diferencia-se bastante do método normalmente aplicado, e as simulações virtuais nos mantinham mais em contato com a realidade física. Acho que nos motiva muito mais a aprender do que usando um caderno e anotando vários conceitos e fórmulas. (Aluno 8)

O uso de computadores na sala de aula me ajudou muito pois com o computador o aprendizado fica muito mais fácil e também torna a matéria muito mais atrativa, outro ponto é que com as animações no computador é possível ver na “prática” o que se aprendeu de teoria. (Aluno 5)

Bom eu acho essencial o uso de computadores na sala de aula, até para gente ter uma noção do que agente está aprendendo. (Aluno 16)

O uso dos computadores em sala de aula auxilia em muita coisa, principalmente na mostra de exercícios de como são realizadas, as forças, os movimentos e coisas do gênero, tudo auxiliando os alunos a enxergar o que tem dificuldade só lendo nas folhas de exercício. (Aluno 26)

Também, três alunas relacionaram a importância do uso do computador ao fato de estarem em um Curso de Informática.

Diferente, porque geralmente a disciplina de Física é sempre cálculos e essa aula nos proporciona uma interação melhor em relação ao computador na área de Informática. (Aluno 22)

Acho que principalmente para nossa área é super importante, além de tornar as aulas menos cansativas em que ficamos todo o tempo escrevendo. (Aluno 25)

Bem interessante pelo fato do computador estar bem relacionado à nossa área e era exatamente o que eu esperava de um curso técnico em informática: ter pelo menos uma matéria que utilize o computador para seu estudo.

Acho que permitiu também uma ligação entre os colegas. (Aluno 23)

Apenas um aluno relatou que tem mais dificuldades com o uso do computador, como mostramos abaixo:

É muito importante e muito útil, mas eu tenho mais dificuldades em aprender por ele. (Aluno 10)

Destacamos, também, a resposta dada pelo aluno 14, que milita pela diminuição do uso do computador em sala de aula:

Muito bom, mas poderia ser usado apenas para teorias, que seriam aplicadas em experiências práticas. (Aluno 14)

Então, a partir das respostas dos alunos para a pergunta sobre suas opiniões acerca do uso do computador, podemos constatar que essa ferramenta é, sim, considerada útil pelos alunos para o aprendizado, para aumentar sua motivação e para ajudá-los nas dificuldades que apresentam durante as atividades. Entendemos que os resultados apresentados na subseção 5.3.1, em que fator Uso do computador foi o que mais apareceu como último fator a contribuir

desses três aspectos, devem ser lidos de modo conjunto aos resultados ora apresentados, com as respostas abertas dos alunos sobre essa ferramenta.

Nesse sentido, através dessa leitura integrada dos resultados, podemos entender que o computador tem utilidade reconhecida pelos alunos, mas que, ao menos na proposta didática que lhes foi aplicada, outros dois fatores lhes pareceram mais importantes: uso de experimentos e interação com o professor, principalmente. Inclusive, foi o que revelou o aluno 14, ao argumentar a favor de uso de experimentos.

As respostas dadas aos alunos quando perguntados sobre o uso de experimentos em sala de aula são apresentadas na subseção seguinte.

5.3.4 Avaliação dos alunos sobre o uso de experimentos

No questionário aplicado aos alunos, perguntamos a eles “qual a sua opinião sobre o uso de experimentos em sala de aula”. Nesse momento, estávamos fazendo referência ao experimento utilizado o estudo do Movimento Harmônico Simples (MHS).

Dos 20 alunos que responderam à pergunta, nenhum relatou ter tido dificuldade na atividade com o experimento, nem tampouco que preferira outro modo de exposição – com o computador ou pelo modo convencional, por exemplo. Pelo contrário, alguns alunos revelaram que a atividade com o experimento propiciou maior descontração na sala de aula e interesse no conteúdo, como vemos a seguir:

Acho muito legal porque é uma forma de deixar aula mais descontraída, sem deixar de aprender. (Aluno 24)

Faz com que cresça o interesse, curiosidade sobre a matéria. (Aluno 16)

Outros alunos destacaram o ensino através de experimentos como oportunidade de ter contato com a feição prática da disciplina de Física, como podemos observar abaixo:

Podemos ver o que estudamos no caderno no computador em experimentos nos facilita a entender melhor o conteúdo, pois vamos colocar em pratica a parte “escrita”. (Aluno 11)

Os experimentos são interessantes e fazem os alunos porem em pratica o que aprenderam, sendo assim não só entendendo a teoria, mas também pondo em prática. (Aluno 26)

Muito legal porque percebemos que não se aprende física apenas na teoria, se aprende também na prática. (Aluno 2)

Mais fácil de aprender, do que somente na teoria. (Aluno 19)

É algo impressionante, pois assim podemos ver como funciona tal sistema e onde está a física naquele objeto, como por exemplo, o sistema de Massa-Mola. Também ajuda muito a compreender vários conceitos. (Aluno 9)

Muito importantes para a compreensão do conteúdo, pois colocam em prática as teorias aprendidas. (Aluno 14)

Assim como as simulações presentes nas aulas em que usamos o computador, os experimentos nos mantêm mais próximos à realidade física, ao que realmente acontece. Consequentemente, aprenderemos mais, e aplicaremos tal fórmula com mais ciência. (Aluno 8)

Acho muito importante, pois os experimentos permitem visualizar o que se aprendeu e também através deles é possível tirar dúvidas que muitas vezes só com a parte teórica não é possível. (Aluno 5)

Também interessantes são as considerações dos alunos que, ao responderem sobre o uso de experimentos, compararam-no ao uso de computadores em sala de aula. Isso aconteceu nas respostas de dois alunos:

Bem divertido pois interagimos com as atividades e aprendemos mais **do que só vendo a simulação na tela do computador**. (Aluno 18 - grifo nosso)

Ainda melhor que o uso do computador, na minha opinião fica muito mais interessante nós olharmos como acontecem realmente as coisas e não só por formulas e etc. (Aluno 6 - grifo nosso)

As considerações dos alunos, destacadas acima, corroboram a nossa análise da subseção anterior, de que o uso do computador é importante na visão dos alunos, mas superado por outros fatores, como uso de experimento.

Esses fatores – uso do computador, uso de experimento, trabalho em grupo e interação com o professor –, utilizados durante a proposta didática desenvolvida, conforme pudemos observar a partir da análise do questionário, foram bastante referidos pelos alunos na avaliação positiva que fizeram da atividade. Sobre isso e também sobre os resultados obtidos acerca de toda a proposta aplicada podem-se fazer considerações finais, que apresentamos no Capítulo VI, a seguir.

CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme mencionamos na introdução deste trabalho, apresentamos um estudo sobre o ensino de dinâmica que propôs, à luz da teoria da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1968, 2000), a utilização, em sala de aula, de diversos recursos instrucionais – simulações computacionais, vídeo-análise e atividades experimentais –, fazendo uso, portanto, das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs).

O objetivo do presente trabalho foi estruturar uma unidade didática, para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento, dando ênfase aos seus aspectos conceituais, em conformidade com a proposta curricular da escola em que foi aplicada – *Campus Bagé* do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul). Especificamente, tivemos o seguinte objetivo: estruturar uma unidade didática para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento, enfatizando menos os aspectos matemáticos. Também, traçamos as seguintes estratégias de ensino: (i) utilizar situações-problema para superação das dificuldades conceituais e das concepções alternativas no estudo de força e movimento; (ii) formular uma revisão conceitual com enfoque que privilegia alguns aspectos históricos sobre a relação da força com o movimento, que sirva de organizador prévio, para relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios; e (iii) utilizar Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Força e Movimento.

Ao final da aplicação da proposta, então, podemos dizer que os objetivos em relação à elaboração da atividade foram todos alcançados. Algumas considerações merecem ser feitas, então, sobre o transcorrer da aplicação.

A unidade foi estruturada para utilizar situações-problema como ponto de partida para superação das dificuldades conceituais e das concepções alternativas que os estudantes apresentam sobre a relação força e movimento. Para tanto, formulamos uma revisão conceitual com alguns aspectos históricos, que serviu de organizador prévio, para relacionar os novos conhecimentos com os conhecimentos prévios, as concepções alternativas. Isso mostra que atendemos ao objetivo específico e cumprimos as estratégias traçadas.

Metodologicamente, optamos pela utilização de três horas-aula consecutivas, buscando aplicar os conceitos de diferenciação progressiva, reconciliação integradora e organização sequencial e consolidação, da teoria da aprendizagem significativa da Ausubel (AUSUBEL, 1968, 2000). Entendemos que essa opção foi um dos pontos positivos do trabalho, uma vez que a organização sequencial dos encontros propiciou crescimento conceitual através de uma sequência que propiciou a consolidação dos conceitos estudados por parte dos alunos e, ainda,

uma dinâmica para cada encontro se mostrou proveitosa: houve (i) a introdução dos conteúdos nos instantes iniciais, mediante apresentação de situações-problema, (ii) a diferenciação progressiva realizada com a iteração dos alunos com os diferentes recursos instrucionais utilizados na proposta didática e (iii) a reconciliação integradora ao final de cada encontro. Inclusive, como ressaltamos na análise dos resultados, o uso de três períodos consecutivos foi ressaltado por um dos alunos quando este teve a oportunidade de se manifestar, no questionário, sobre a atividade proposta.

Sobre a nossa intenção de dar prioridade, no ensino da relação newtoniana entre força e movimento, a aspectos conceituais e não a aspectos matemáticos, a análise dos dados, especialmente a análise qualitativa do questionário, mostrou que a proposta, nesse sentido, foi aceita pelos alunos, já que um deles ressaltou que, nos moldes propostos, a aula de Física deixara de ter “apenas cálculos”. Foi o que se observou nas palavras do Aluno 22, analisadas na seção de resultados destinada aos resultados, segundo as quais a proposta de atividade foi “diferente, porque geralmente a disciplina de Física é sempre cálculos e essa aula nos proporciona uma interação melhor em relação ao computador na área de Informática. (Aluno 22)”. A opinião do aluno evidencia, portanto, que, sobre a primazia da abordagem conceitual sobre a matemática, a proposta de atividade foi exitosa.

Nas palavras do mesmo aluno, também à guisa de conclusão, podemos fazer algumas considerações sobre a estratégia em (iii) – utilizar Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino de Força e Movimento. Como representa a resposta do estudante, o uso de tecnologias de informação e comunicação foi ressaltado como positivo pelos alunos, evidenciando mais um acerto da proposta didática. Isso, pois, a unidade que apresentamos prima pela utilização das tecnologias da informação e comunicação no Ensino de Física, em conformidade com o que preconizam os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN⁺), segundo os quais o “uso adequado dos produtos das novas tecnologias é imprescindível, quando se pensa num ensino de qualidade e eficiente para todos” (p. 57).

Especialmente sobre os fatores que influenciaram no aprendizado, na motivação para aprender e no saneamento de dúvidas, o comportamento do fator “uso do computador” nos chamou atenção. Vimos, na análise dos dados, que, quantitativamente, esse fator foi menos lembrado que os fatores “uso de experimentos” e “interação com o professor”. O estudo nos permitiu constatar que podemos sugerir uma relativização do papel do uso do computador: no desenvolvimento da proposta apresentada, mostrou ser um recurso que não é autossuficiente, mas que, quando utilizado com a metodologia que propicia a interação com o professor e

outros recursos, contribuiu para a aprendizagem. Também, por intermédio da análise feita, sobressai a valorização do uso de experimentação, fator mais lembrado pelos alunos como contribuinte na aprendizagem dos conceitos cientificamente aceitos.

Esses resultados evidenciam a necessidade de, em estudos futuros, variáveis relacionadas à condição de cada aluno serem consideradas em pesquisas voltadas ao ensino de Física. Sistema de ingresso na escola (com ou sem cota), grau de experiência anterior com o computador, desempenho no processo seletivo são exemplos dessas variáveis cujo estudo de correlação pode trazer novas evidências para a importância das pesquisas se debruçarem sobre desenvolvimento de métodos de ensino que impliquem melhora qualitativa na aprendizagem – as TICs são um bom exemplo disso, como se pôde apresentar nesta Dissertação, cujo produto educacional mostra-se exitoso no ensino da relação newtoniana entre força e movimento.

Em relação à análise dos objetivos de aprendizagem estabelecidos para cada situação-problema observamos algumas tendências de evolução e persistências de algumas concepções alternativas, em especial a concepção da necessidade de uma força para um objeto se manter em movimento. Porém, nossa expectativa não era a de que, ao desenvolverem as atividades, os alunos iriam simplesmente abandonar suas concepções alternativas. Atualmente, na literatura, a proposta de mudança conceitual encontra-se desacreditada e tivemos como objetivo a introdução da relação newtoniana entre força e movimento para possibilitar o início de um longo processo de ensino/aprendizagem. Nesse sentido, destacamos que o material instrucional produzido não é autossuficiente para o alcance dos objetivos de aprendizagem, pois está intimamente ligada à metodologia didática e à diferenciação entre os contextos científico e cotidiano dos alunos.

Por fim, da proposta didática resultou, como produto educacional, um teste de concepções alternativas, um texto interativo que trata da abordagem histórica da relação entre força e movimento, guias de atividades didáticas para o aluno interagir com atividade envolvendo o *software Modellus*, o *software Tracker* e atividades experimentais, simulações desenvolvidas com o *software Modellus*, além de um questionário de avaliação por parte dos alunos da proposta aplicada.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. *Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation*. Computers & Education, Amsterdam, v. 50, n. 4, p. 1128-1140, May 2008.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. *Atividades de modelagem computacional no auxílio da interpretação de gráficos da cinemática*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.

ARAUJO, I. S. *Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática*. 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

AUSUBEL, D. P. *Acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 212 p.

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968, 685 p.

AXT, R., BONADIMAN, H., SILVEIRA, F. L. *O uso de "espirais" de encadernação como molas*. **Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)**. v. 27, n. 4: p. 593-599, out-dez 2005.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC/SEMT, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais** - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002, 144 p.

BRASIL. Senado Federal. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96. Brasília : 1996.

CALLONI, G. J. *A física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: uma proposta para a oitava série*. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. *Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral*. **Aceito para publicação na revista Ciência e Educação**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n1/07.pdf>> Acesso: 02 de jul. 2012.

DORNELES, P. F. T. *Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus*. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DORNELES, P. F. T. *Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral*. 2010. 367 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MEES, A. A. *Astronomia: Motivação para Ensino de Física na 8ª série*. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MOREIRA, M. A. *Teorias da Aprendizagem*. 2 Ed. São Paulo: Editora E.P.U, 2011. 242 p.

MOREIRA, M. A. (Org.); CABALLERO, Concesa (Org.); RODRÍGUEZ, María Luz (Org.). *Actas del II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos: Universidad de Burgos, 1997. 349 p.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

REZENDE, F.; SOUZA BARROS, S. *Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermédia Força&Movimento*. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 51-61, 2001b.

REZENDE, F.; SOUZA BARROS, S. *Teoria aristotélica, teoria do Impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica básica*. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 43-56, 2001a.

ROCHA, C. R.; HERSCOVITZ, V. E.; MOREIRA, M. A. *Ensino na Mecânica Quântica sob uma perspectiva dos referenciais teóricos da aprendizagem significativa e dos campos conceituais*. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.

SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A. e AXT, R. *Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica*. **Enseñanza de las Ciencias**, 10 (2), 187-194, 1992.

TAO, P.-K.; GUNSTONE, R. F. *The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction*. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 7, p. 859-882, Sept. 1999.

VEIT, E. A. *Modelagem computacional no ensino de física*. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro. Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro: Adaltech, 2005. v. 1. p. 1-6.

APÊNDICE A

Neste apêndice apresentamos o teste de concepções alternativas utilizado como pré e pós-teste.

Teste sobre *relação entre força e movimento*¹

IMPORTANTE:

NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES
RESPONDA APENAS NA FOLHA DE RESPOSTAS

Este teste é constituído por seis situações físicas, contendo 20 questões de múltipla escolha com número de alternativas diferentes (de três a seis). Dentre as alternativas escolha **apenas uma**, a que melhor responde à questão, assinalando-a na grade em anexo.

Em todas as questões deste teste as setas indicam a direção e o sentido de uma grandeza física (força ou velocidade). Quanto maior o tamanho da seta, maior o valor numérico (módulo) da força ou da velocidade.

Corpo Lançado Verticalmente Para Cima

(adaptada de *Silveira, Moreira e Axt*, 1992 e de *Rezende e Barros*, 1996)

A figura 1 mostra um homem lançando uma esfera verticalmente para cima. **As questões 1, 2, 3 e 4** tratam da(s) força(s) sobre a esfera durante o movimento e da velocidade dessa esfera. Desprezam-se as ações do ar.

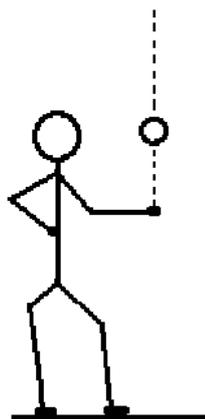
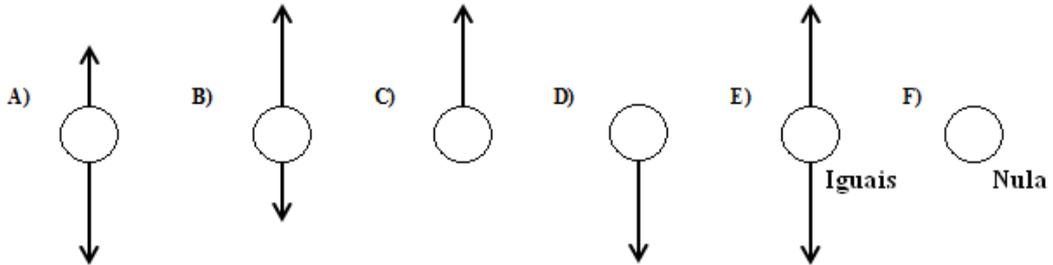


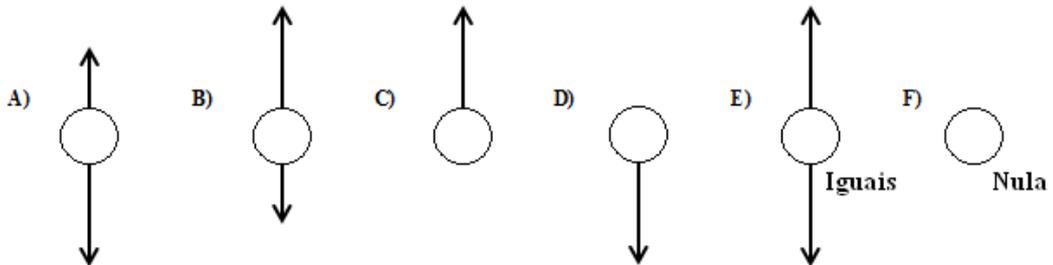
Figura 1 – Homem lançando uma esfera verticalmente para cima.

¹ Algumas questões deste teste foram adaptadas ou extraídas dos testes propostos por *Silveira, Moreira e Axt* (1992) e *Rezende e Barros* (1996).

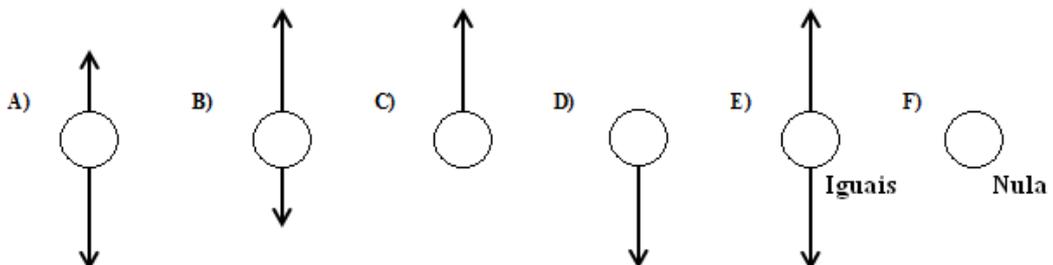
1) Após ser lançada, ou seja, quando a esfera não está mais em contato com a mão do lançador, qual alternativa indica corretamente a(s) força(s) sobre a esfera durante seu movimento de subida?



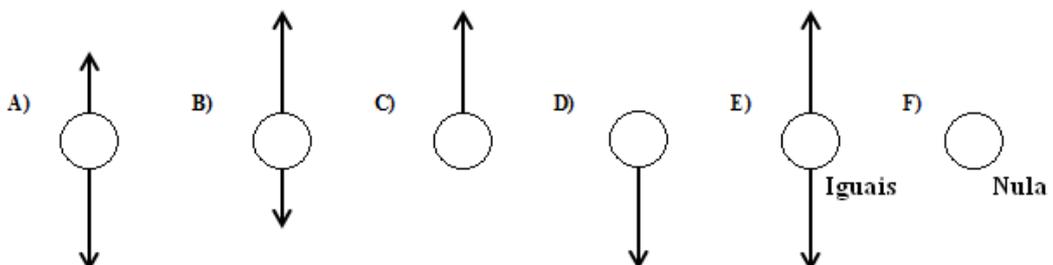
2) No exato instante em que a esfera atinge a altura máxima, qual a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre a esfera?



3) Durante o movimento de descida, qual alternativa indica corretamente a(s) força(s) sobre a esfera?



4) No exato instante em que a esfera atinge a altura máxima, qual a alternativa que representa corretamente a velocidade da esfera?



Objetos De Pesos Diferentes Em Movimento De Queda Livre

5) A figura 2 ilustra um menino que segura duas esferas de pesos diferentes. Sabe-se que a esfera A pesa duas vezes mais do que a esfera B e que as ações do ar sobre as esferas são desprezíveis. Considerando que as esferas são abandonadas da mesma altura H e no mesmo instante de tempo, indique a alternativa que apresenta a resposta correta sobre o movimento executado pelas esferas.

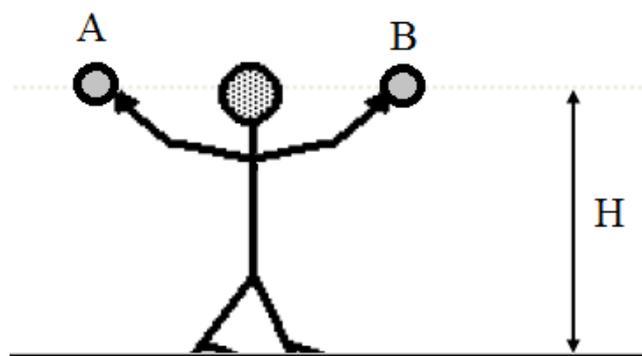


Figura 2 – Um menino abandona duas esferas de pesos diferentes.

- A) As esferas A e B chegam ao solo no mesmo instante de tempo.
- B) A esfera A chega ao solo primeiro.
- C) A esfera B chega ao solo primeiro.

Objeto Lançado Obliquamente
(extraída de *Silveira, Moreira e Axt, 1992*)

Um menino lança uma pedra que descreve a trajetória indicada na figura. Sabendo-se que o ponto B é o mais alto da trajetória e considerando desprezíveis as ações do ar, responda as questões 6, 7 e 8.

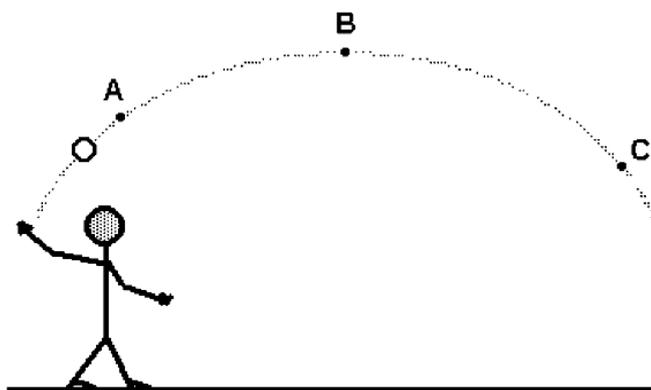
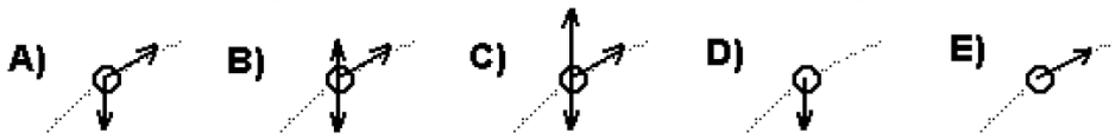
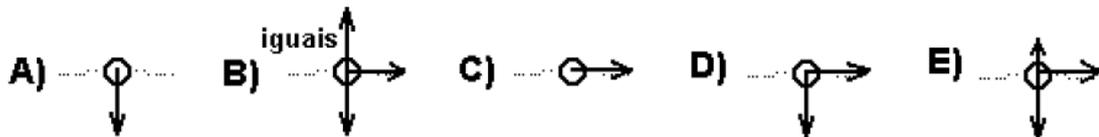


Figura 3 – Um menino lançando uma pedra.

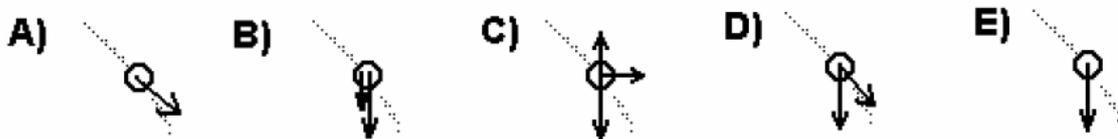
6) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto A.



7) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto B.



8) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto C.



Objeto Empurrado Em Um Plano Horizontal Com Atrito
(Adaptada de Silveira, Moreira, Axt, 1992)

As questões 9, 10 e 11 referem-se à seguinte situação:

Um menino empurra uma caixa que desliza sobre uma superfície horizontal com atrito. Para isso ele aplica na caixa uma força horizontal dirigida para a direita. A força de atrito entre a caixa e o piso é constante, e as ações do ar no movimento da caixa são desprezíveis. No instante inicial, representado na figura 4, a força aplicada pelo menino é \vec{F} , cujo módulo (valor numérico) é maior do que o módulo da força de atrito, e a velocidade inicial da caixa é \vec{V}_0 .

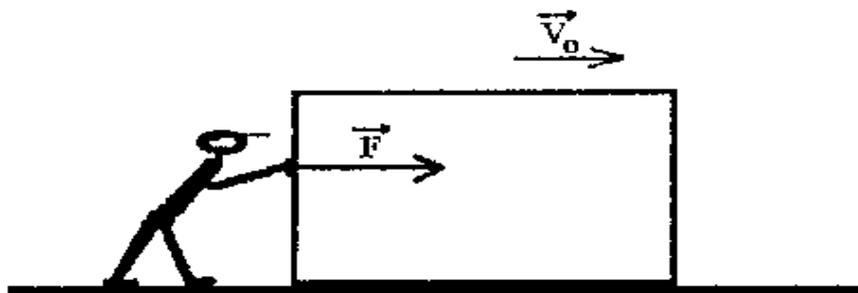


Figura 4 – Um menino empurrando uma caixa.

- 9) Se o menino continuar aplicando uma força maior do que a força de atrito, a caixa se movimentará
- A) com velocidade constante.
 - B) com velocidade crescente.
 - C) com velocidade decrescente.
- 10) Se o menino diminuir a força que está aplicando na caixa, mas assim mesmo continuar maior do que a força de atrito, a caixa se movimentará
- A) com velocidade constante.
 - B) com velocidade crescente.
 - C) com velocidade decrescente.
- 11) Se o menino diminuir ainda mais a força que está aplicando na caixa, tornando ela igual a força de atrito, a caixa
- A) se movimenta com velocidade constante.
 - B) se movimenta um pouco até atingir o repouso.
 - C) para imediatamente.

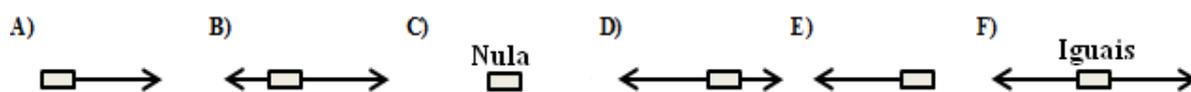
Objeto Lançado Em Um Plano Horizontal Com Atrito

A figura 5 ilustra o lançamento de um caixa que é lançada sobre um plano horizontal e desliza até atingir o repouso. Sabe-se que entre a superfície da caixa e o assoalho (chão) existe atrito. Desprezando-se as ações do ar, responda as **questões 12 e 13**.

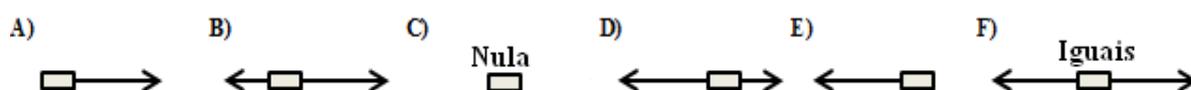


Figura 5 – Caixa lançada sobre um plano horizontal.

12) Após a caixa ser lançada, ou seja, depois de perder o contato com a mão do lançador, indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) horizontais sobre a caixa enquanto ainda possui velocidade.



13) Tendo a caixa atingido o repouso indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) horizontais sobre a caixa.



Objeto Em Movimento Harmônico Simples

A figura 6 representa um sistema massa-mola, ou seja, um bloco com determinada massa preso a uma mola ideal não deformada (com massa desprezível e coeficiente de elasticidade constante), inicialmente em repouso. Um menino distende a mola, afastando o sistema da sua posição de equilíbrio (figura 7). Na figura estão representados os pontos da trajetória do bloco A, B, C, D e E, sendo A e E os pontos extremos do movimento do bloco. Considere desprezíveis todas as formas de atrito e responda as **questões 14-20**.

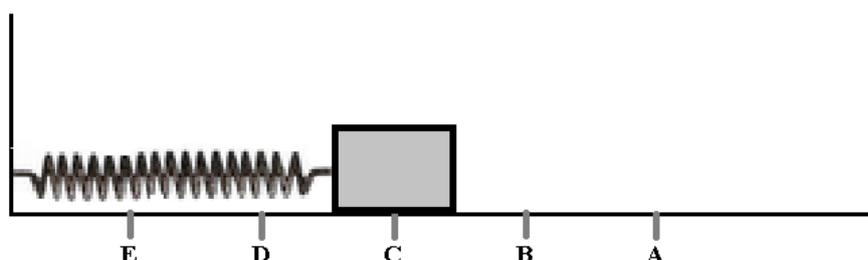


Figura 6 – Sistema massa-mola.

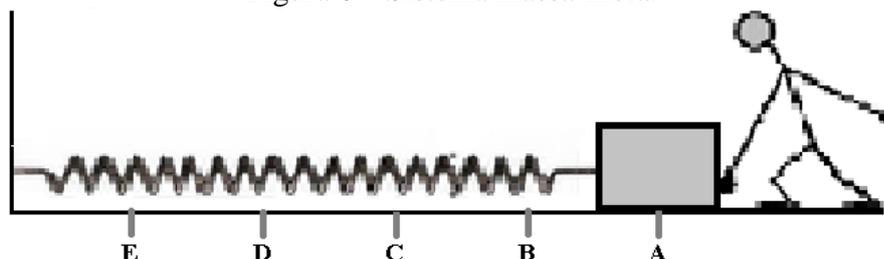
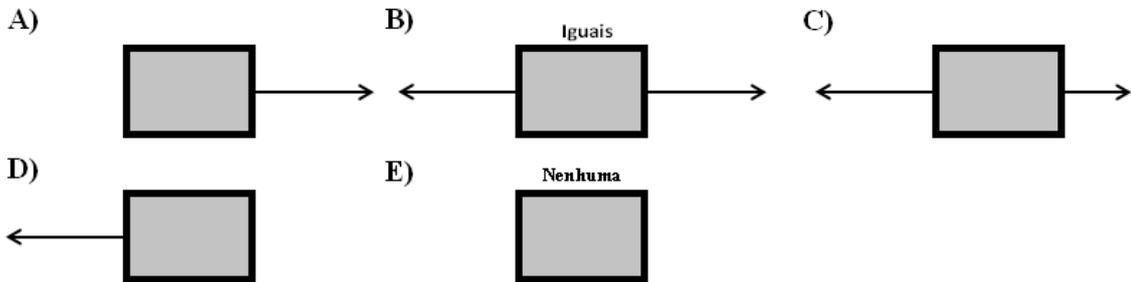
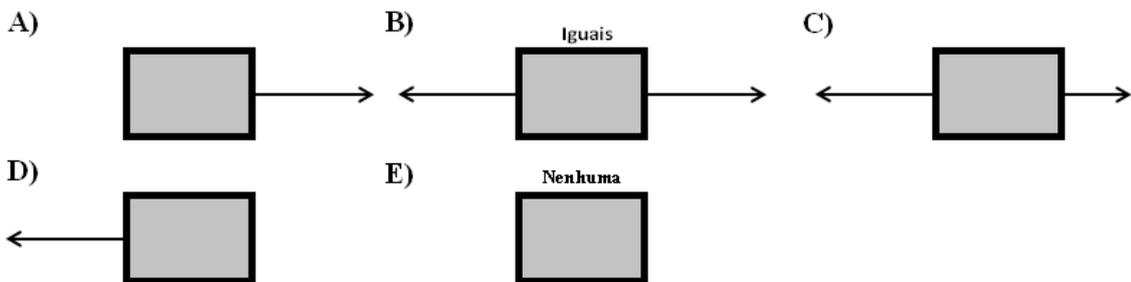


Figura 7 – Sistema massa-mola.

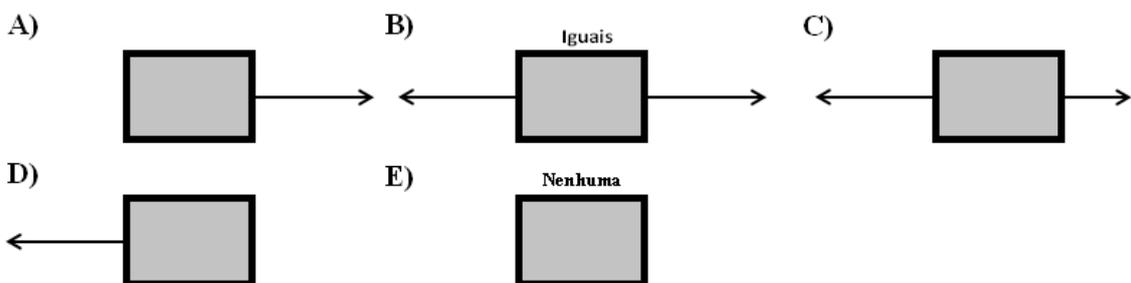
14) Considerando que o menino está segurando o bloco na posição indicada na figura 7, (**Posição A**) escolha a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre o bloco nesse instante.



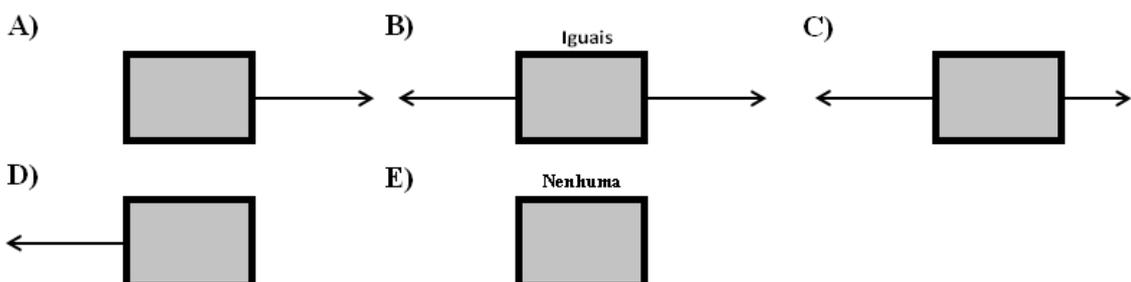
15) Após ser abandonado, o bloco entra em movimento. Indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre o bloco no exato instante em que ele passa pelo ponto B.



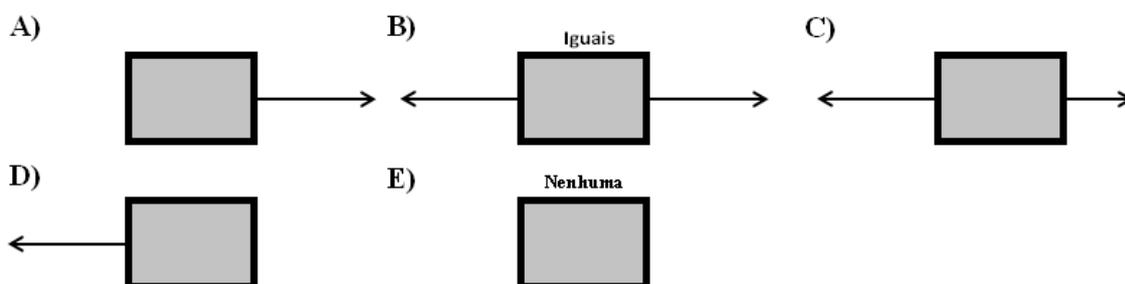
16) Indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre o bloco no exato instante em que ele passa pelo ponto C.



17) Indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre o bloco no exato instante em que ele está no ponto D.



18) Indique a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre o bloco no exato instante em que ele está no ponto E.



19) Após ser abandonado o bloco passa a oscilar. Em qual(is) ponto(s) o bloco apresenta velocidade máxima?

- A) A e E B) D e B C) C D) B E) E

20) Em qual(is) ponto(s) o bloco apresenta velocidade nula?

- A) A e E B) D e B C) C D) B E) E

REFERÊNCIAS

REZENDE, F e BARROS, S. S. *Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermídia "força&movimento"*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), v.1, n.2, p.51, 2001.

SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A. e AXT, R. *Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica*. Enseñanza de las Ciencias, 10 (2), 187-194, 1992.

Uma breve discussão histórica sobre as concepções de força e movimento

A relação entre força e movimento é tema amplamente discutido entre os cientistas desde a antiguidade. Já na Grécia Antiga encontramos em Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) uma teoria que permaneceu até por volta de 1600 da nossa era. Segundo Aristóteles, os corpos poderiam apresentar movimentos classificados em duas categorias distintas: o movimento natural e o movimento violento.

O movimento natural tem origem nas ideias aristotélicas sobre a composição dos corpos, os quais poderiam ser formados por diferentes combinações de quatro elementos: terra, água, ar e fogo. O filósofo argumentava que objetos compostos predominantemente por terra ou água (os dois elementos pesados) deveriam naturalmente ocupar lugares próximos ao centro do mundo e teriam uma tendência natural a se movimentar para baixo. Já os objetos formados por ar e fogo (os dois elementos leves) deveriam naturalmente ocupar lugares elevados na atmosfera e teriam uma tendência natural a se movimentar para cima, para algum lugar abaixo da órbita da Lua. Assim, dependendo de qual elemento o objeto era predominantemente constituído, ele deveria ocupar seu lugar natural, ou seja, ele estaria naturalmente em repouso ou mais abaixo ou mais acima.

Nesse sentido, segundo Aristóteles, caso um objeto pesado ou grave não estivesse em seu lugar natural e não fosse contido, ele apresentaria um movimento para cima ou para baixo, perseguindo chegar ao seu lugar natural. Por exemplo, se uma pedra fosse abandonada de certa altura, Aristóteles explicava que ela apresentaria um movimento para baixo, pois a pedra é predominantemente constituída do elemento terra, tendo uma tendência natural a estar mais abaixo. Esse movimento para baixo, portanto, tem uma causa teleológica, uma causa que está a serviço de uma finalidade: a pedra cai porque está a procura do seu lugar natural que é embaixo, sem necessidade de qualquer interferência externa. Esse exemplo da pedra exemplifica o que Aristóteles chamou de movimento natural.

Um fator importantíssimo do movimento natural proposto por Aristóteles é a comparação do movimento de queda de dois corpos. Segundo ele, quando dois objetos de pesos diferentes são abandonados de uma mesma altura ao mesmo tempo e caem através do mesmo meio que se opõem ao movimento, o objeto mais pesado chegará ao solo primeiro, porque, tendo mais peso, esse objeto mais pesado é composto de maior quantidade do elemento terra e, assim sendo, terá um maior tendência a chegar no seu lugar natural, ou seja, apresentar maior rapidez na queda. Portanto, objetos mais pesados devem chegar ao solo mais rápido do que objetos mais leves, de acordo com a noção aristotélica de movimento natural, intrínseco à natureza dos objetos, dependente do elemento predominante na sua constituição.

Já movimento violento foi o nome que Aristóteles deu àquele movimento imposto aos objetos em virtude de uma causa externa, ou seja, é resultado da atuação de algo ou alguém sobre o objeto, o motor do movimento. Um corpo somente permanece em movimento se o motor está agindo. Um exemplo são os atos de empurrar ou puxar objetos para colocá-los e mantê-los em movimento ou, ainda, a “força” dos ventos para movimentar barcos a vela. O principal a se observar, nesse caso, é que os objetos *se moviam não por si mesmos, nem por sua natureza, mas por causa de empurrões*

Bom, com o que você leu até aqui, já conseguiu resolver seu primeiro problema: identificar qual objeto atinge primeiro o solo, se aquele que tem a maior ou aquele que tem a menor massa. Foi a dúvida que você teve imaginando uma situação hipotética em que você e seu amigo estavam no alto de um prédio e, ao mesmo tempo, abandonaram bolas de massas distintas, lembra? E se o experimento fosse realizado no vácuo, de acordo com Galileu o que aconteceria?

2 - Situação Problema:

Agora, imagine a seguinte situação: Você está indo para o Colégio e pega um ônibus. De repente, durante o trajeto, o motorista do ônibus se vê obrigado a frear rapidamente, pois passava na frente do veículo um cachorro.

No momento em que o ônibus freia, você, assim como os outros passageiros, tem seu corpo projetado para frente. Quando o motorista acelera o movimento do ônibus, porém, seu corpo é pressionado contra o encosto do banco que está atrás de você. Por que você acha que isso ocorre? Será porque há uma força que empurra você ora para frente, ora para trás? Justifique.

Considerando tal fato, você concorda que para um objeto estar em movimento é necessário a aplicação de uma força sobre o objeto? Que explicação teria o fato ocorrido no ônibus se considerada a noção de Movimento Violento, sobre que você leu lá no início, sobre as ideias de Aristóteles?

Bom, essas são as suas ideias e a de Aristóteles sobre a situação hipotética em que você se envolveu no ônibus. E Galileu, será que pensaria o mesmo?

Voltando ao exemplo do movimento de uma flecha após ter sido lançada, segundo Aristóteles, ela permanece em movimento sustentado pelo próprio ar, ou seja, a presença do meio é fundamental para o movimento do objeto. Para Aristóteles, o meio tem esse duplo caráter: atua tanto na resistência ao movimento quanto como motor do movimento (LANG; PEDUZZI, 1996). Nesse sentido, Aristóteles não acreditava na existência do movimento sem a presença de um meio. “O vazio não é meio e como tal não pode transmitir e conservar o movimento de um corpo” (LANG; PEDUZZI, 1996).

Segundo Hewitt (2002), Aristóteles

acreditava ser impossível a existência de um vácuo e, portanto, não considerou seriamente o movimento na ausência de qualquer meio interagente. Por isso era fundamental para Aristóteles que sempre fosse necessário empurrar ou puxar um objeto para mantê-lo em movimento.

Em contraposição às ideias aristotélicas, Galileu considerou a possibilidade de existir movimento sem a presença de um meio interagente, ou seja, considerou a possibilidade de um objeto estar em movimento sem que houvesse resistências externas ao seu movimento.

Ao estudar o movimento, Galileu propôs analisar experimentalmente o movimento de objetos em planos inclinados para, assim, verificar qual é a influência do meio nesse movimento e imaginar como seria esse movimento caso não houvesse a influência de tal meio. Galileu verificou, então, que uma esfera desce um plano inclinado com velocidade cada vez maior, enquanto que uma esfera que sobe um plano inclinado tem sua velocidade cada vez menor. Dessa constatação, Galileu concluiu que, em um plano horizontal, a esfera não deveria nem aumentar nem diminuir sua velocidade, ou seja, deveria permanecer com velocidade constante.

Na prática, verificou-se que uma esfera rolando em um plano horizontal, depois de algum tempo, chega ao repouso. O que a leva ao repouso são as resistências tanto do ar quanto da superfície sobre a qual ela rola; ela atinge o repouso por causa de tais resistências, denominadas genericamente de atrito. Então, Galileu experimentou superfícies mais lisas e notou que a esfera permanecia em movimento por mais tempo quanto mais lisa fosse a superfície. “Ele raciocinou que, na ausência de atrito ou de outras forças opostas, um objeto movendo-se horizontalmente continuaria movendo-se indefinidamente” (HEWITT, 2002).

Galileu notou, também, que a inclinação do plano influenciava no movimento da esfera. Lançando uma esfera com certa velocidade inicial, percebeu que quanto maior a inclinação do plano, mais rapidamente a esfera perdia sua velocidade. Reduzindo essa inclinação, a esfera conseguia manter-se em movimento por mais tempo, percorrendo distâncias cada vez maiores em planos cada vez menos inclinados. Galileu então concluiu que, se o plano fosse horizontal, a esfera não deveria perder sua velocidade, a menos que fosse levada ao repouso em virtude da força de atrito entre a superfície da esfera e a superfície do plano. Mas, na ausência de resistência, a esfera deveria se manter em movimento indefinidamente.

Essa propriedade da esfera de tender a continuar em movimento denomina-se de INÉRCIA. Pode-se definir inércia, então, com sendo a tendência que um objeto possui de permanecer no seu estado de movimento: se o objeto está em repouso, tende a ficar em repouso; se está em movimento, tende a permanecer em movimento.

É importante notar que Galileu conseguiu chegar ao conceito da persistência do movimento imaginando como seria o movimento sem a influência do meio, o que era inconcebível na física aristotélica. Segundo Aristóteles, para haver movimento era sempre necessária a aplicação de uma força, ou seja, para um objeto possuir velocidade ele deveria estar sujeito à ação de uma força. Ao contrário, Galileu estabeleceu que, na ausência de uma força, um objeto que já esteja em movimento, deverá continuar se movendo (HEWITT, 2002).

Alguns anos mais tarde, o cientista inglês Isaac Newton (1642-1727), ao estudar o movimento dos corpos, utilizou as ideias de Galileu. Newton formulou três leis que explicam a relação entre força e movimento e, na primeira delas, utilizou o conceito de inércia.

A primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia pode ser enunciada do seguinte modo: “Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (HEWITT, 2002).

Com base no enunciado, o objeto que está em repouso fica em repouso e o que está em movimento fica em movimento; tal estado apenas se alterará se uma força externa é aplicada sobre o objeto. Isso fica claro quando imaginamos uma cadeira em repouso: esta assim permanecerá até que alguém aplique uma força para colocá-la em movimento. Da mesma forma, se um objeto move-se com velocidade de valor constante (movimento uniforme) em linha reta, ficará nesse movimento até que um agente aplique uma força e altere sua velocidade (o ar e a superfície sobre a qual o corpo se movimenta são agentes que imprimem forças em oposição ao movimento). Se essa força for a favor do movimento, aumentará a velocidade do objeto; se a força for contrária ao movimento, diminuirá a velocidade do objeto. O que ocorre, nesse caso, é que a ação de algum agente exercendo força no objeto altera o estado de movimento do objeto.

Bem, agora, você já pode entender, segundo o que enuncia a Primeira Lei de Newton, o que aconteceu com você enquanto você ia de ônibus para o colégio, quando seu corpo foi projetado ora para frente, ora para trás. Então, segundo a Lei da Inércia, por que, quando o ônibus freou, seu corpo foi projetado para frente? E por quê, quando o ônibus retornou a andar, aumentando sua velocidade, seu corpo foi pressionado contra o encosto do banco?

REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Trad. Trieste Feire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

REZENDE, F.; SOUZA BARROS, S. Teoria aristotélica, teoria do Impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica básica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 43-56, 2001.

PEDUZZI, L. O.Q. Física aristotélica: Por que não considera-la no ensino de mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 1, p. 48-63, abril 1996.

APÊNDICE C

Neste apêndice apresentamos o termo de consentimento livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA PARTICIPAÇÃO DE ALUNOS MENORES DE IDADE

Título do Projeto:

TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO RECURSO INSTRUCIONAL PARA UMA UNIDADE DIDÁTICA SOBRE A RELAÇÃO ENTRE FORÇA E MOVIMENTO

Termo de Esclarecimento:

O menor sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar do estudo *Tecnologia da informação e comunicação como recurso instrucional para uma unidade didática sobre a relação newtoniana entre força e movimento*.

Pesquisas relacionadas ao ensino de ciências têm evidenciado grande dificuldade por parte dos alunos no aprendizado de ciências, tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio. Mais especificamente, em se tratando do ensino de física, aulas tradicionais e abordagem apenas matemática sem nenhuma contextualização não vêm propiciando que os estudantes cheguem ao final do ensino médio com os conhecimentos científicos bem consolidados. Essa abordagem da disciplina de física tem levado os estudantes a não se motivarem para as aulas e, de maneira geral, tem contribuído para um elevado índice de reprovação dos estudantes nessa disciplina.

Nesse sentido, propõe-se um projeto que objetiva uma mudança do quadro atual, com uma metodologia diferente da tradicional, conectando o ensino de física com a utilização das tecnologias da informação e comunicação. O estudo, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), será apresentado em dissertação de Mestrado cujo objetivo é *“estruturar uma unidade didática, para o ensino de dinâmica, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa e que utilize diversos recursos instrucionais (simulações computacionais, vídeo-análise e atividades experimentais)”*. Especificamente pretendemos: *Estruturar uma unidade didática para o ensino da relação newtoniana entre força e movimento. Elaborar uma unidade didática enfatizando os aspectos conceituais mais do que os aspectos matemáticos. Utilizar situações-problema para superação das dificuldades conceituais e das concepções alternativas no estudo de força e movimento. Formular uma revisão conceitual, com tópicos históricos, sobre força e movimento, que sirva de organizador prévio, para relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios. Utilizar tecnologias da informação e comunicação no ensino de Força e Movimento*.

Para o alcance desses objetivos, serão aplicados um teste de concepções alternativas, um texto que trata de uma abordagem histórica da relação entre força e movimento e aulas utilizando simulações computacionais, experimentos e vídeos análise de situações físicas.

Você e o menor sob sua responsabilidade poderão obter todas as informações que quiserem a qualquer momento; O nome do menor não será divulgado.

Nossa intenção com a aplicação do projeto é, além de contribuir para os estudos sobre Ensino de Física, proporcionar a melhoria e a otimização dos métodos de Ensino de Física no Instituto Federal Sul-rio-grandense, *Campus* Bagé. Por isso, é fundamental a colaboração dos alunos e de seus responsáveis para a concretização do estudo a que nos propomos.

Certos da sua compreensão, estamos à disposição, a qualquer momento, para oferecer esclarecimentos e informações sobre a aplicação do projeto.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Título do Projeto:

TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO RECURSO INSTRUCIONAL PARA UMA UNIDADE DIDÁTICA SOBRE A RELAÇÃO ENTRE FORÇA E MOVIMENTO

Eu, _____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento ao qual o menor sob minha responsabilidade será submetido. Sei, também, que o nome do menor não será divulgado. Eu concordo com a participação do menor no estudo, desde que ele também concorde. Por isso ele assina junto comigo este Termo de Consentimento.

Bagé,...../...../.....

Assinatura do responsável legal_____
Documento de identidade_____
Assinatura do menor_____
Documento de identidade_____
Assinatura do professor/pesquisador orientador

APÊNDICE D

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos sobre lançamento vertical parte I.

Nome:

Turma:

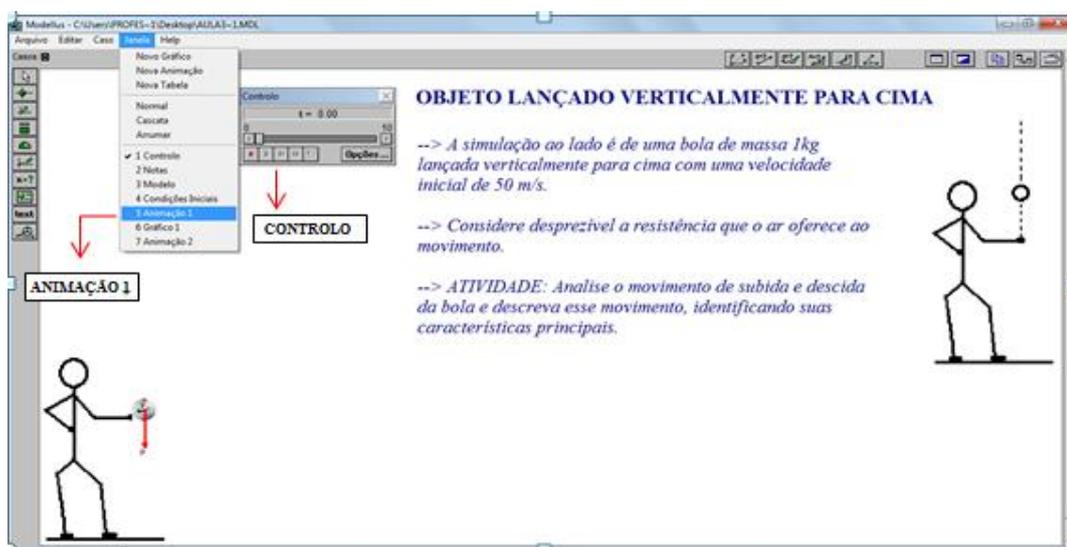
OBJETO LANÇADO VERTICALMENTE PARA CIMA

Nesta atividade estudaremos o caso de um objeto lançado verticalmente para cima. Para tanto, utilizaremos esse guia de atividades juntamente com uma animação do movimento de uma bola lançada para cima.

Para completar a atividade, siga os passos a seguir:

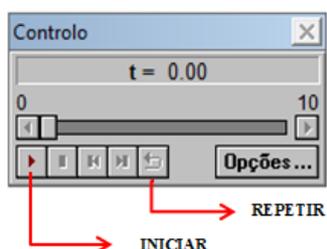
PASSO 1 – Abra a pasta **AULA 3** que está na área de trabalho do seu computador. Nela você encontra o arquivo *lan_vert_I*. Na tela, aparecerá a imagem abaixo, que ilustra a simulação de uma bola lançada verticalmente para cima, realizada com o *software Modellus*.

Clique no botão **“janela”** da barra de ferramentas e selecione **“animação 1”**. Inicialmente, deixe abertos, na tela do computador, apenas a janela com a **“animação 1”** e o **“controle”**.



A **“animação 1”** representa uma bola lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 50m/s. Considere desprezível a força de resistência que o ar oferece à bola, ou seja, considere que o movimento executado é no vácuo.

Para dar início à simulação, acione o botão **“iniciar”** e analise o movimento de subida e descida da bola. Após, acione o botão **“repetir”** e, novamente, analise as características do movimento de subida e descida da bola.



PASSO 2 - Clique no botão “*janela*” da barra de ferramentas, e selecione “*animação 2*”. Inicialmente, deixe abertos, na tela do computador, apenas a janela com a “*animação 2*” e o “*controle*”.

A “*animação 2*” representa a mesma bola lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 50m/s já analisada na “animação 1”. Agora, porém, perceba que estão representados o *vetor velocidade* e o *vetor aceleração da gravidade*, além das informações referentes ao *tempo* de movimento, ao *módulo do vetor velocidade* e à *altura* que a bola vai atingindo no decorrer do tempo. Considere desprezível a força de resistência que o ar oferece à bola, ou seja, considere que o movimento é executado no vácuo.

Para dar início à simulação, acione o botão “*iniciar*” e analise o movimento de subida e descida da bola. Após, acione o botão “*repetir*” e, novamente, analise as características do movimento de subida e descida da bola.

Após analisar o movimento, responda às questões abaixo.

e) Quanto tempo a bola levou para atingir a altura máxima? Quanto tempo a bola levou para, da altura máxima, retornar à mão do lançador? Qual é o tempo total que a bola permaneceu executando seu movimento?

f) Durante o movimento de subida, o módulo da velocidade da bola diminui. A cada segundo, quanto diminui o módulo da velocidade?

g) Durante o movimento de descida, o módulo da velocidade da bola aumenta. A cada segundo, quanto aumenta o módulo da velocidade?

h) Com base nas características de aumento e diminuição do módulo da velocidade, você pode determinar o módulo da aceleração da gravidade? Em caso afirmativo, qual é o seu valor?

i) Durante o movimento de subida, o módulo do vetor velocidade da bola diminui. Por quê?

j) Durante o movimento de descida, o módulo do vetor velocidade da bola aumenta. Por quê?

l) Qual é a velocidade da bola no instante em que ela atinge a altura máxima?

m) Qual (is) a (s) força (s) sobre a bola durante o movimento de subida? Qual (is) a (s) força (s) sobre a bola durante o movimento de descida?

PASSO 3 – Imagine que uma bola seja lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 30 m/s. **Faça um desenho** que ilustre o movimento dessa bola, representando, **de um em um segundo**, o **módulo do vetor velocidade**, desde o instante de lançamento até o retorno ao ponto de partida. Represente, também, o **vetor velocidade e o vetor aceleração da gravidade**. Indique o **tempo** necessário para que a bola execute o movimento, desde o instante de lançamento até o retorno a esse ponto.

APÊNDICE E

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos sobre lançamento vertical parte II.

Nome:

Turma:

OBJETO LANÇADO VERTICALMENTE PARA CIMA

Na aula passada, estudamos as características do movimento de uma bola que foi lançada verticalmente para cima, considerando seu movimento livre da resistência que o ar oferece, ou seja, considerando que a bola se movimentou no vácuo.

Com base nos conhecimentos que você adquiriu, analise a seguinte situação-problema:

Considere que duas esferas pequenas e iguais sejam lançadas, simultaneamente, verticalmente para cima, em um local onde a aceleração da gravidade é 10m/s^2 . A primeira, que vamos denominar de “esfera 1”, foi lançada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 40m/s . Já a segunda, que vamos denominar de “esfera 2”, foi lançada verticalmente para cima com uma velocidade inicial de 30m/s , ou seja, foi lançada com velocidade inicial menor que a “esfera 1”. Desprezando-se a resistência que o ar oferece ao movimento: Qual das duas esferas chegará primeiro ao solo?

OBJETOS EM MOVIMENTO HORIZONTAL

Agora, vamos estudar um pouco mais sobre os diferentes tipos de movimento. Abra o arquivo “*mov_hor*”, que está na área de trabalho do seu computador.

Inicialmente, analise a “*animação 2*” e responda à questão abaixo:

Na animação 2, você observa três objetos em movimento retilíneo horizontal. Analise detalhadamente seus movimentos e descreva as características observadas para cada um dos objetos, fazendo comparações entre ambos.

Após analisar e responder ao questionamento a respeito do que foi observado na “*animação 2*”, abra a “*animação 1*”, analise-a com atenção e responda às questões abaixo.

- a) Qual é o módulo da velocidade inicial de cada objeto?
- b) Para cada um dos objetos, diga se o módulo da velocidade aumenta ou diminui.
- c) Para cada um dos objetos, determine o módulo da aceleração e diga se ela está no mesmo sentido ou em sentido contrário ao vetor velocidade. Classifique o movimento em uniforme, acelerado ou retardado.
- d) Para cada um dos objetos, faça um desenho indicando o vetor velocidade e o vetor aceleração no instante 5s. Diga se a força resultante é igual ou diferente de zero nesse instante.

APÊNDICE F

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos desenvolverem a atividade de vídeo-análise referente ao lançamento oblíquo.

Nome:

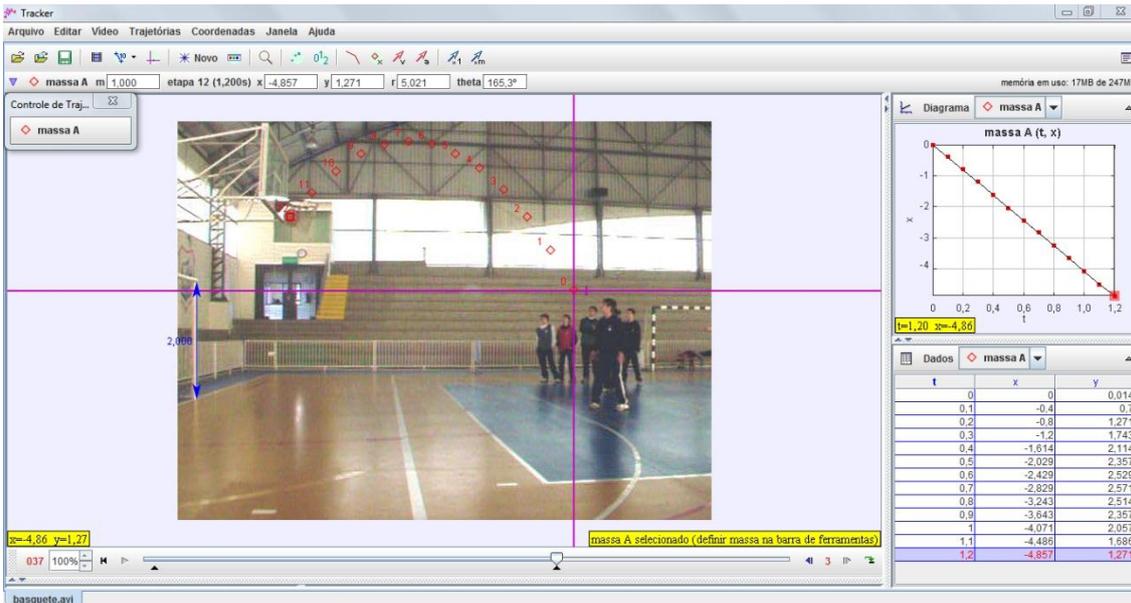
Turma:

OBJETO LANÇADO OBLIQUAMENTE

Nesta atividade vamos analisar o caso de uma bola de basquete que é lançada obliquamente para uma cesta. Para tanto utilizaremos o guia de atividades, juntamente com um vídeo do lançamento. O vídeo será analisado com *software Tracker*.

Para auxiliar na realização da atividade, utilize o arquivo *TUTORIALTRACKER.ppt*, no qual você encontrará passo a passo os recursos básicos do *software* que serão utilizados na atividade.

PASSO 1 - Abra a pasta *AULA 5* que está na área de trabalho do seu computador. Nela você encontra o *software Tracker* e o vídeo *BASQUETE*. Faça a vídeo análise do movimento da bola de basquete seguindo os passos do *TUTORIAL TRACKER*.



The screenshot shows the Tracker software interface. The main window displays a video frame of a basketball court with a coordinate system overlaid. A red dot represents the ball's position at a specific time. The right panel shows a graph of position (x, y) versus time (t) for 'massa A', and a table of data points.

t	x	y
0	0	0,014
0,1	-0,4	0,7
0,2	-0,8	1,271
0,3	-1,2	1,743
0,4	-1,614	2,114
0,5	-2,029	2,357
0,6	-2,429	2,529
0,7	-2,829	2,571
0,8	-3,243	2,514
0,9	-3,643	2,357
1	-4,071	2,057
1,1	-4,486	1,686
1,2	-4,857	1,271

PASSO 2 – Com os dados obtidos na análise do vídeo faça as atividades abaixo.

a) Reproduza abaixo a tabela com as informações de tempo (t), posição horizontal (x) e posição vertical (y) para os pontos analisados.

b) Após ser lançada, quanto tempo a bola levou para atingir a altura máxima?

c) Qual foi o intervalo de tempo total de permanência no ar após o lançamento até atingir a cesta.

d) Faça uma estimativa (cálculo) do módulo da velocidade horizontal (V_x) da bola.

Dica: utilize a relação $V_x = \frac{d}{\Delta t}$, onde d é o deslocamento horizontal entre o ponto de lançamento e a cesta, Δt é o intervalo de tempo para ocorrer este deslocamento.

e) Faça uma estimativa (cálculo) do módulo da velocidade inicial vertical (V_{0y}) de lançamento da bola.

Dica: Utilize a relação $V_{1y} = V_{0y} - g\Delta t_{0,1}$, onde $g = 10m/s^2$.

f) Utilizando a opção **DADOS**, acrescente na tabela os valores referentes às velocidades V_x e V_y dos pontos analisados. Compare essas velocidades com as que você calculou nos itens “c” e “d”.

g) O movimento da horizontal pode ser considerado um movimento uniforme? Justifique.

Dica: analise os valores de velocidades da tabela e, também, utilize a opção **MASSA A → TIPO DE MARCAÇÃO → POSIÇÃO → LINHA VERTICAL** e compare a distância entre as linhas.

h) O movimento da vertical pode ser considerado um movimento uniformemente variado? Justifique.

Dica: analise os valores de velocidade da tabela e, também, utilize a opção **MASSA A → TIPO DE MARCAÇÃO → POSIÇÃO → LINHA HORIZONTAL** e compare a distância entre as linhas.

i) Utilizando a opção **DADOS**, acrescente na tabela os valores da aceleração na vertical (a_y) para cada ponto analisado e compare com a aceleração da gravidade, a qual foi utilizada nos cálculos ($g = 10m/s^2$).

APÊNDICE G

Neste apêndice apresentamos a prova utilizada para avaliação individual das atividades desenvolvidas até o quinto encontro, referente à 1ª, 2ª e 3ª situação-problema do quadro 1.

Nome:

Turma:

Exercício 1 – Imagine que uma pequena esfera seja lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 30 m/s em um local onde a aceleração da gravidade possui módulo de 10m/s^2 . Considere desprezível a força de resistência que o ar oferece à esfera, ou seja, considere que o movimento executado ocorra no vácuo. Responda às questões abaixo:

a) *Faça um desenho* que ilustre o movimento dessa esfera, representando o *módulo do vetor velocidade de um em um segundo*, desde o instante do lançamento até o retorno ao ponto de partida.

b) Quanto tempo a esfera levou para atingir a altura máxima? Quanto tempo a esfera levou para, da altura máxima, retornar à mão do lançador? Qual é o tempo total que a esfera permaneceu executando seu movimento?

c) Qual é o significado físico de uma aceleração de 10m/s^2 .

d) Qual é a velocidade da esfera no instante em que ela atinge a altura máxima?

Exercício 2 – Responda às questões abaixo.

a) Qual a diferença entre movimento acelerado, retardado e uniforme?

b) Em relação ao movimento da esfera do exercício 1, classifique seu movimento durante a subida e durante a descida.

Exercício 3 – A figura 1 mostra um homem lançando uma esfera verticalmente para cima. **As questões 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4** tratam da(s) força(s) sobre a esfera durante o movimento e da velocidade dessa esfera. Desprezam-se as ações do ar.

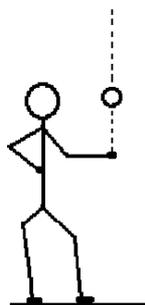
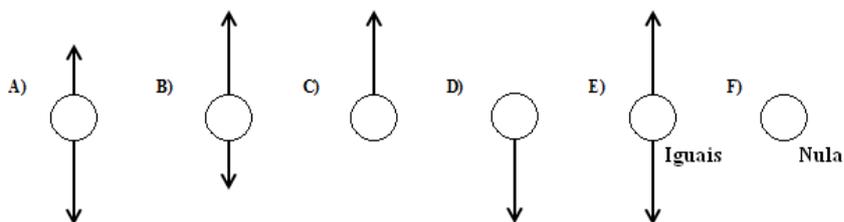
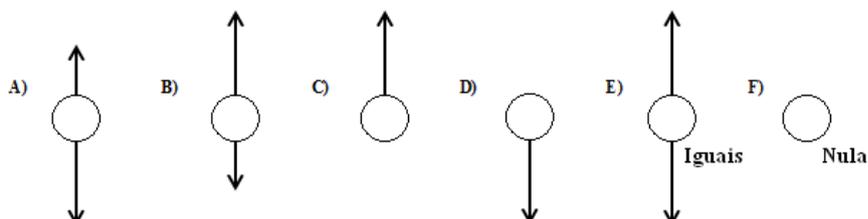


Figura 1 – Homem lançando uma esfera verticalmente para cima.

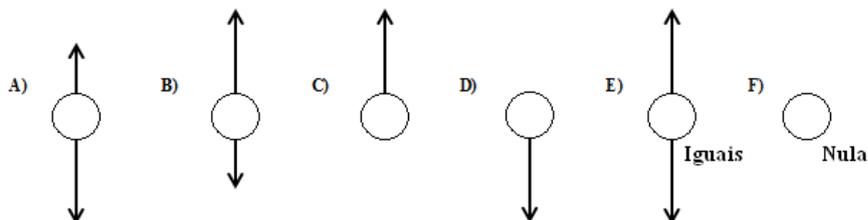
3.1) Após ser lançada, ou seja, quando a esfera não está mais em contato com a mão do lançador, qual alternativa indica corretamente a(s) força(s) sobre a esfera durante seu movimento de subida?



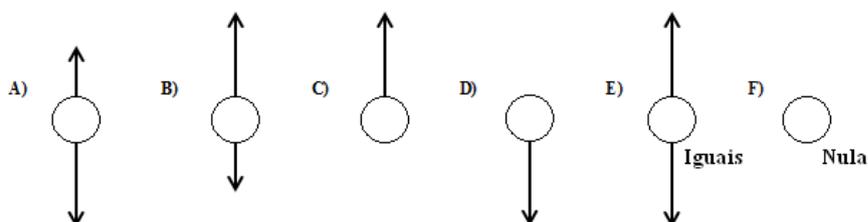
3.2) No exato instante em que a esfera atinge a altura máxima, qual a alternativa que representa corretamente a(s) força(s) sobre a esfera?



3.3) Durante o movimento de descida, qual alternativa indica corretamente a(s) força(s) sobre a esfera?



3.4) No exato instante em que a esfera atinge a altura máxima, qual a alternativa que representa corretamente a velocidade da esfera?



Exercício 4 – A figura 2 ilustra um menino que segura duas esferas de pesos diferentes. Sabe-se que a esfera A pesa duas vezes mais do que a esfera B e que as ações do ar sobre as esferas são desprezíveis. Considerando que as esferas são abandonadas da mesma altura H e no mesmo instante de tempo, indique a alternativa que apresenta a resposta correta sobre o movimento executado pelas esferas.

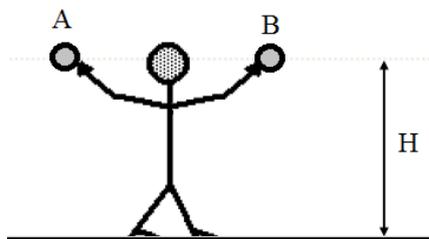


Figura 2 – Um menino abandona duas esferas de pesos diferentes.

- A) As esferas A e B chegam ao solo no mesmo instante de tempo.
 B) A esfera A chega ao solo primeiro.
 C) A esfera B chega ao solo primeiro.

Exercício 5 – Um menino lança uma pedra que descreve a trajetória indicada na figura. Sabendo-se que o ponto B é o mais alto da trajetória e considerando desprezíveis as ações do ar, responda às **questões 5.1, 5.2 e 5.3**.

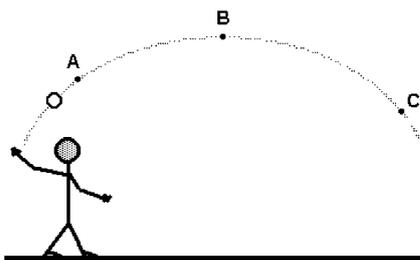
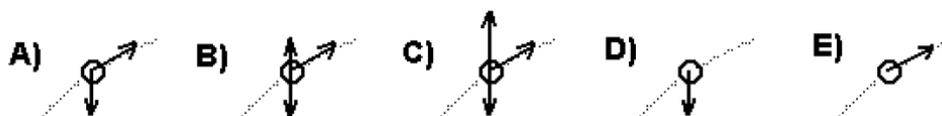
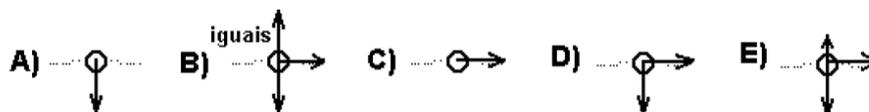


Figura 3 – Um menino lançando uma pedra.

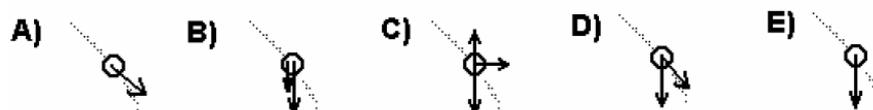
5.1) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto A.



5.2) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto B.



5.3) Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto C.



Exercício 6 – Para realizar o *exercícios 6*, abra o arquivo “*Lan_obliquo_II*” que está na pasta *AULA 6* na área de trabalho do seu computador.

Agora, com a janela do *software Modellus* aberta, você analisará a simulação de um objeto esférico lançado obliquamente com velocidade inicial de 50m/s, em um local onde a aceleração da gravidade é igual a 10m/s^2 . Considere desprezível a ação que o ar exerce sobre o objeto.

Após analisar a simulação, responda às questões abaixo.

a) Quanto tempo o objeto levou para atingir a altura máxima? Quanto tempo o objeto levou para, da altura máxima, retornar à mão do lançador? Qual é o tempo total que o objeto permaneceu executando seu movimento?

b) Qual é a velocidade do objeto na altura máxima?

c) O movimento do projétil pode ser decomposto em dois movimentos independentes: na horizontal e na vertical. Classifique o movimento na horizontal e na vertical em movimento uniforme ou movimento acelerado.

d) Qual (is) é (são) a (s) força (s) exercida (s) no objeto durante o movimento?

e) Qual é a altura máxima atingida pelo objeto? Qual o alcance máximo na horizontal?

APÊNDICE H

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos sobre o movimento de um objeto lançado sobre um plano horizontal com atrito.

Nome:

Turma:

OBJETO LANÇADO SOBRE UM PLANO HORIZONTAL COM ATRITO

Nesta atividade vamos analisar o caso de um objeto que é lançado sobre um plano horizontal. Para tanto, utilizaremos o guia de atividades, juntamente com simulações no *software Modellus*.

PASSO 1 - Abra a pasta *AULA 7* que está na área de trabalho do seu computador. Nela você encontra o arquivo "*lan_horizontal_I*". Analise a simulação e responda a questão abaixo.

a) Após ser lançado, ou seja, quando o objeto não está mais em contato com a mão do lançador, qual (is) é (são) a (s) força (s) sobre o objeto?

b) Faça um desenho ilustrando o objeto e a (s) força (s) sobre ele durante o movimento.

c) Durante o movimento a velocidade do objeto diminui. Por quê?

d) Qual é o valor da força de atrito cinético sobre o objeto no instante em que ele atinge o repouso?

PASSO 2 – Abra a pasta *AULA 7* que está na área de trabalho do seu computador. Nela você encontra o arquivo “*lan_horizontal_II*”. Analise a simulação e responda a questão abaixo.

a) Após ser lançado, ou seja, quando o objeto não está mais em contato com a mão do lançador, qual (is) é (são) a (s) força (s) sobre o objeto? Faça um desenho ilustrando o objeto e a (s) força (s) sobre ele durante o movimento.

b) Utilizando a 2ª Lei de Newton e considerando os dados que você observa na simulação, calcule o módulo da aceleração do objeto e identifique a direção e o sentido.

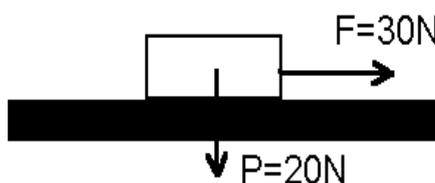
c) Considerando os dados que você observa na simulação, calcule o coeficiente de atrito cinético?

d) A simulação contém um erro. Você consegue identificar esse erro?

e) Caso o objeto desta questão esteja em repouso em cima desta mesma superfície, você consegue alterar o seu estado de movimento aplicando uma força de 15N? Justifique sua resposta

PASSO 3 – Responda à questão abaixo.

O móvel da figura abaixo está em movimento retilíneo uniforme. Considerando desprezível a força de resistência do ar sobre o objeto, qual é o valor da força de atrito cinético sobre o móvel? Justifique sua resposta.



APÊNDICE I

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos sobre o movimento de um objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito.

Nome:

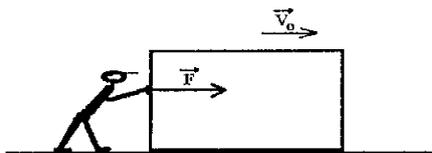
Turma:

Objeto empurrado sobre um plano horizontal com atrito

Nesta atividade, vamos analisar o caso de um objeto que é empurrado sobre um plano horizontal com atrito. Para tanto, utilizaremos este guia de atividades, juntamente com simulações no *software Modellus*.

PASSO 1 – Resolva a questão referente à situação-problema abaixo:

Considere um menino empurrando uma caixa que desliza com atrito sobre um piso horizontal. Para isso, ele aplica na caixa uma força horizontal dirigida para a direita. A força de atrito entre a caixa e o piso é constante, e o efeito do ar no movimento da caixa é desprezível. No instante inicial, representado na figura abaixo, a força aplicada pelo menino é \vec{F} , cujo módulo é maior do que o da força de atrito cinético, e a velocidade da caixa é \vec{V}_0 .



Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Se \vec{F} permanecer constante, a velocidade da caixa será _____ . Se o módulo de \vec{F} diminuir, permanecendo, porém, maior do que a força de atrito, a velocidade da caixa, nos instantes subsequentes, será _____ . Se o módulo de \vec{F} diminuir, tornando-se igual ao módulo da força de atrito, a velocidade da caixa, nos instantes subsequentes, será _____ .

- A) constante – decrescente – nula
- B) crescente – decrescente – nula
- C) crescente – crescente – constante
- D) constante – crescente – nula
- E) crescente – decrescente – constante

PASSO 2 – Um corpo de massa $m = 20 \text{ Kg}$ está inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o corpo e a superfície é $\mu_e = 0,3$ e o coeficiente de atrito cinético é $\mu_c = 0,2$. A aceleração da gravidade é $g = 10 \text{ m/s}^2$. Aplica-se ao corpo uma força horizontal de módulo F . Verifique se o corpo entra ou não em movimento nos casos:

- a) $F = 40 \text{ N}$
- b) $F = 60 \text{ N}$
- c) $F = 80 \text{ N}$

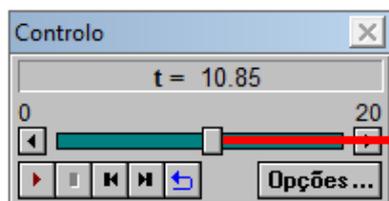
Calcule em cada caso a força de atrito.

PASSO 3 - Abra a pasta *AULA 8* que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*objeto_empurrado_I*”. Analise a simulação e responda às questões abaixo.

- a) Inicialmente o objeto não entra em movimento. Por quê?
- b) Após entrar em movimento, o objeto se move com velocidade constante. Por quê?
- c) Os vetores que representam a força aplicada pelo menino e a força de atrito diminuem após o objeto entrar em movimento. Por quê?
- d) Foi mais difícil para o menino, isto é, a força exercida pelo menino é maior quando ele colocou o objeto em movimento ou quando ele o manteve com velocidade constante? Justifique. **Dica:** observe o gráfico mostrado na simulação.

PASSO 4 - Abra a pasta *AULA 8* que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*objeto_empurrado_II*”. Analise a simulação e responda à questão abaixo.

Dica: Para responder às questões “c” e “d”, você precisará especificar alguns instantes de tempo. Para isso, siga a instrução da figura abaixo.



Clicando com o botão esquerdo do mouse, arraste a barra  para a direita e para a esquerda, assim, você consegue especificar algum instante de tempo.

- a) Quais são as forças exercidas no objeto?
- b) Qual o módulo da força peso e da força normal sobre o objeto?
- c) Qual o módulo da força de atrito estático máxima e da força de atrito cinético?
- d) Qual o módulo da Força aplicada pelo menino quando $t = 1s$; quando $t = 2s$; quando $t = 3s$ e quando $t = 4s$? Explique por que o objeto só entra em movimento depois de certo intervalo de tempo.
- e) Por que o objeto, após entrar em movimento, move-se com velocidade constante?
- f) Calcule o valor do coeficiente de atrito estático e do coeficiente de atrito cinético.

APÊNDICE J

Neste apêndice apresentamos o guia de atividades para os alunos sobre o movimento de um objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS).

Nome:
Turma:

Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS)

Nesta atividade, vamos analisar o caso de um objeto que executa um Movimento Harmônico Simples, oscilando sobre um plano horizontal sem atrito e livre da influência do ar. Para tanto, utilizaremos este guia de atividades, juntamente com simulações no *software Modellus*.

PASSO 1 – Abra a pasta *AULA 8* que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*mhs_1*”. Após fazer isso, leia o enunciado abaixo, analise a simulação e responda.

A figura 1 representa um sistema massa-mola, ou seja, um bloco com determinada massa preso a uma mola ideal não deformada (com massa desprezível e coeficiente de elasticidade constante), inicialmente em repouso. A figura 2 mostra um menino que distende a mola, afastando o sistema da sua posição de equilíbrio. Nas figuras, estão representados os pontos da trajetória do bloco – A, B, C, D e E –, sendo A e E os pontos extremos do movimento do bloco. Considere desprezíveis todas as formas de atrito.

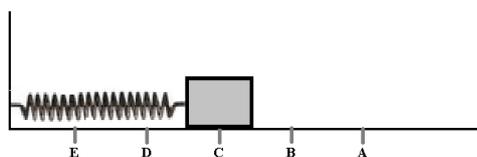


Figura 1 – Sistema massa-mola.

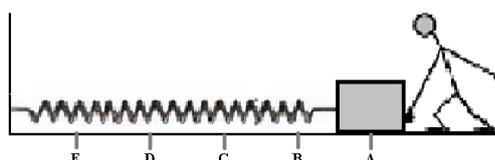


Figura 2 – Sistema massa-mola.

Com base no enunciado e no que você observou na simulação, faça uma análise do movimento do bloco, descrevendo suas características de força, velocidade e aceleração.

PASSO 2 – Abra a pasta **AULA 8** que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*mhs_II*”. Após fazer isso, analise a simulação e responda.

a) Em qual(is) ponto(s) (A, B, C, D ou E) a força elástica é máxima em módulo? Em qual (is) ponto (s) a força elástica é nula? O que representa cada um desses pontos na trajetória descrita pelo sistema massa-mola?

b) Qual a relação da força elástica com a deformação da mola (alongação)?

c) O que acontece com o módulo da velocidade quando o objeto se desloca da posição B para a posição C? O mesmo acontece quando se desloca no sentido de C para B?

PASSO 3 - Abra a pasta **AULA 8** que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*mhs_III*”. Após fazer isso, analise a simulação e responda.

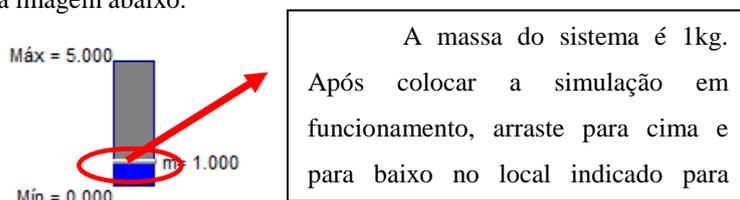
a) Em qual (is) ponto (s) (A, B, C, D ou E) a aceleração é máxima? Em qual (is) ponto (s) a aceleração é nula? O que representa cada um desses pontos na trajetória descrita pelo sistema massa-mola?

b) Em qual (is) ponto (s) (A, B, C, D ou E) a velocidade é máxima em módulo? Em qual (is) ponto (s) a velocidade é nula? O que representa cada um desses pontos na trajetória descrita pelo sistema massa-mola?

c) Qual a relação da velocidade do sistema oscilatório com a deformação da mola (alongação)?

PASSO 4 - Abra a pasta **AULA 8** que está na área de trabalho do seu computador. Nessa pasta, abra o arquivo “*mhs_IV*”. Após fazer isso, analise a simulação e responda.

Dica: Nessa simulação você poderá interagir alterando a massa e a constante elástica do sistema massa-mola. Para tanto, após a simulação em andamento, utilize a barra de nível movendo para cima e para baixo, com indica a imagem abaixo.



a) Altere o valor da massa para um valor quatro vezes maior. O que acontece com o período de oscilação do sistema?

b) Altere o valor da massa para um valor quatro vezes menor. O que acontece com o período de oscilação do sistema?

c) Qual a relação entre a massa do sistema e o período de oscilação? Existe alguma relação com o conceito de inércia?

d) Altere o valor da constante elástica da mola para um valor quatro vezes maior. O que acontece com o período de oscilação do sistema?

e) Qual a relação entre a constante elástica da mola e o período de oscilação? Existe alguma relação com o valor da aceleração máxima do sistema?

APÊNDICE L

Neste apêndice apresentamos o guia de atividade experimental para os alunos sobre o movimento de sistema massa-mola vertical.

Nome:

Turma:

SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL

Nesta aula, vamos realizar uma atividade experimental para analisar um pouco mais as características do movimento de um objeto que executa um movimento oscilatório. Para tanto, utilizaremos um sistema massa-mola oscilando na vertical.

Para completar a atividade, utilize os conhecimentos estudados nas últimas aulas e este guia de atividades.

PASSO 1 – Materiais utilizados na atividade experimental e procedimento de montagem.

Materiais utilizados na atividade experimental

- Base para fixação de haste;



- Haste pequena e haste grande;



- suporte para conexão entre hastes;



- Cronômetro;

- mola de encadernação;

- régua de madeira (1 metro);
- chumbadas (massas de 25g, 50g, 75g e 100g).

Procedimento de Montagem

- Inicialmente fixe a haste na base e, após, conecte as hastes utilizando o suporte de conexão;



- Posicione a mola na haste menor, conforme a imagem abaixo;



- Coloque uma massa (chumbada) na parte inferior da mola.



PASSO 2 – Agora, com os equipamentos para realização da atividade experimental montados, faça as atividades abaixo.

1 – RELAÇÃO ENTRE O PERÍODO DE OSCILAÇÃO E MASSA DO SISTEMA

Coloque a massa de 25g a oscilar e, utilizando o cronômetro, verifique o intervalo de tempo para 10 oscilações. Após, faça uma média para determinar o período médio de oscilação. Repita a experiência utilizando a massa de 75g.

- Qual o período de oscilação para a massa de 25g?
- Qual o período de oscilação para a massa de 75g?
- Com base no resultado experimental, relacione a massa do sistema com o período de oscilação?

2 – CÁLCULO DE CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA

Agora, você vai utilizar as massas de 25g, 50g, 75g, 100g e 125g (combinando a de 100g e a de 25g). Inicialmente verifique, utilizando a régua de madeira, a distância que a parte inferior da mola está do piso da sala de aula (nível de referência). Após, pendure a massa de 25g, deixe o mola atingir o repouso e verifique a distância em relação ao piso da sala de aula. Assim, você poderá determinar a elongação sofrida pela mola comparando a alteração da distância da parte inferior da mola em relação ao piso nas duas situações. Repita a procedimento com as massas de 50g, 75g, 100g e 125g.

- Preencha a planilha **AULA 10** que está na área de trabalho do seu computador. Utilize a tabela abaixo com rascunho.

Massa (g)	Massa (kg)	Peso (N)	Fel (N)	Posição (cm)	Posição (m)	Elongação (m)	Constante elástica K (N/m)
25							
50							
75							
100							
125							

- Utilizando os dados da atividade experimental, calcule a constante elástica média.

3 – CÁLCULO DO PERÍODO DE OSCILAÇÃO

- a) Utilizando a relação $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, o valor da constante elástica obtido na atividade anterior e a massa de 50g, calcule o período de oscilação do sistema.
- b) Utilizando a massa de 50g, coloque o sistema em oscilação e verifique o tempo necessário para as 10 primeiras oscilações. Com esses dados, determine o período médio de oscilação.
- c) Compare o valor obtido na letra “a” com o valor obtido na letra “b”.
- d) Repita o procedimento feito na letra “a”, “b” e “c” para as massas de 25g, 75g e 100g.

4 - TRABALHO PARA CASA: Explique qualitativamente o movimento de um corpo com massa M que executa um Movimento Harmônico Simples durante uma oscilação completa. Relacione os conceitos de velocidade e aceleração.

APÊNDICE M

Neste apêndice apresentamos a avaliação qualitativa da relação força e movimento realizada no último encontro.

ATIVIDADE INDIVIDUAL

Nome:
Turma:

Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS)

A Figura 1 representa um sistema massa-mola, ou seja, um bloco, com determinada massa, preso a uma mola ideal não deformada (com massa desprezível e coeficiente de elasticidade constante), inicialmente em repouso. A Figura 2 mostra um menino que distende a mola, afastando o sistema da sua posição de equilíbrio. Nas figuras, estão representados os pontos da trajetória do bloco - A, B, C, D e E -, sendo A e E os pontos extremos do movimento do bloco. Considere desprezíveis todas as formas de atrito.

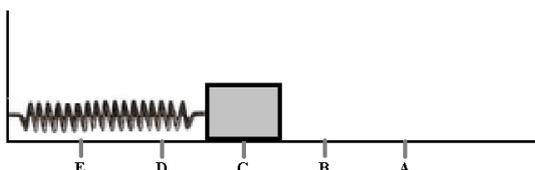


Figura 1 – Sistema massa-mola.

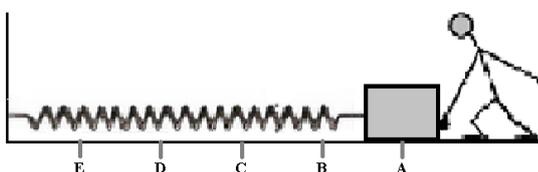


Figura 2 – Sistema massa-mola.

1. Considere que o sistema massa-mola mostrado na Figura 2 foi colocado para oscilar em um dado instante de tempo. Explique por que, ao passar pela posição de equilíbrio (força resultante nula), o sistema não atinge o repouso imediatamente.

2. Com base na situação problema acima e, também, no que foi trabalhado ao longo deste semestre, é correto afirmar que “o módulo da força resultante sobre um objeto é proporcional à velocidade do objeto, ou seja, o valor da força é proporcional ao valor da velocidade”?

ATIVIDADE EM DUPLAS

Nome:

Turma:

Objeto executando um Movimento Harmônico Simples (MHS)

Na área de trabalho do seu computador, está o arquivo *“mhs_avaliacao”*. Abra o arquivo e, em seguida, observe um objeto realizando um Movimento Harmônico Simples, simulando a situação-problema descrita acima. Analise a simulação e discuta com seu colega as divergências e convergências de suas respostas anteriores.

1. Considere o que você observa na simulação e explique por que, ao passar pela posição de equilíbrio (força resultante nula), o sistema não atinge o repouso imediatamente.

2. Com base na simulação e na discussão com seu colega você considera que sua resposta inicial está correta sobre a afirmação *“o módulo da força resultante sobre um objeto é proporcional à velocidade do objeto, ou seja, o valor da força é proporcional ao valor da velocidade”*?

APÊNDICE N

Neste apêndice apresentamos o questionário aplicado após a efetivação da proposta didática.

- 1) Considere os seguintes fatores:
- (a) uso de experimentos
 - (b) uso do computador
 - (c) trabalho em grupo
 - (d) interação com o professor

Ordene do mais importante ao menos importante para:

- o seu aprendizado; 1° () 2° () 3° () 4° ()
- a sua motivação para aprender; 1° () 2° () 3° () 4° ()
- as suas dificuldades; 1° () 2° () 3° () 4° ()

- 2) Como você avalia as atividades desenvolvidas neste semestre na disciplina de Física?
- 3) Qual é a sua opinião sobre o uso do computador em sala de aula?
- 4) Qual é a sua opinião sobre o uso de experimentos em sala de aula?
- 5) Você tem mais algum comentário importante que queira apresentar?

APÊNDICE O

Neste apêndice apresentamos o CD com o produto educacional.

ANEXO A

Neste anexo apresentamos a ementa e o conteúdo programático para a disciplina de Física I do Curso Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada.

MEC/SETEC

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pró-Reitoria de Ensino

CURSO: Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada

DISCIPLINA: FÍSICA I	
VIGÊNCIA : 2/2010	PERÍODO LETIVO: PRIMEIRO
CARGA HORÁRIA TOTAL: 45h	CÓDIGO: Fis.0103
<p>EMENTA: Reflexão e análise da importância do estudo de Física e suas relações com a natureza e as tecnologias, discussão sobre a importância da geração de energia para a região como introdução ao estudo da Física, relação histórica entre força e movimento e a importância da evolução dos conceitos da ciência, estudo dos Sistemas de Medidas, bem como, dos fenômenos físicos relativos à Cinemática e à Dinâmica na busca da compreensão conceitual do movimento dos corpos.</p>	

- ➔ Os diferentes ramos do estudo da Física e suas relações com a natureza e a tecnologia;
- ➔ Introdução ao estudo da Física: Energia;
- ➔ Relação Histórica entre Força e Movimento;
- ➔ Introdução às Grandezas Físicas e suas unidades;
- ➔ Movimento, repouso e referencial;
- ➔ Força, Aceleração e velocidade;
- ➔ Estudo dos Movimentos Retilíneos;
- ➔ Estudos dos Movimentos Curvilíneos;
- ➔ Leis de Newton do Movimento.

Referências Bibliográficas

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

VILLAS BÔAS, N.; BISCUOLA, G. J.; DOCA, R. H. **Tópicos da Física, vol. 1**. 20ª ed. Reformulada. São Paulo: Saraiva, 2007.

NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A.; RAMALHO JR., F. **Os Fundamentos da Física, vol. 1**. 8ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. **Universo da Física, Vol.1**. 2ª ed. São Paulo: Atual, 2005.

ANEXO B

Neste anexo apresentamos a ementa e o conteúdo programático para a disciplina de Física II do Curso Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada.

MEC/SETEC

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pró-Reitoria de Ensino

CURSO: Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada

DISCIPLINA: FÍSICA II	
VIGÊNCIA : 1/2011	PERÍODO LETIVO: SEGUNDO
CARGA HORÁRIA TOTAL: 45h	CÓDIGO: Bg.DE.017
<p>EMENTA: Estudo da relação entre Força e Movimento através dos conceitos de Impulso e Quantidade de Movimento. Discussão sobre as Fontes de Energia e as Formas de Transformação para compreensão das grandezas Trabalho, Potência e Rendimento. Aprofundamento das questões sobre à Energia Mecânica, sua conservação, sua dissipação e as formas de transformação. Análise da importância das Fontes e dos processos de Transformação de Energia na sociedade, no cotidiano, na economia e no mundo do trabalho: estudo da região de Bagé e da Usina de Candiota.</p>	

- ➔ Impulso e Quantidade de Movimento;
- ➔ Fontes e as formas de transformação de Energia;
- ➔ Trabalho e Potência;
- ➔ Energia Mecânica;
- ➔ Forças Conservativas, Forças Dissipativas e Dissipação de Energia;
- ➔ Conservação da Energia Mecânica;
- ➔ Máquinas e Rendimento;

Referências Bibliográficas

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

VILLAS BÔAS, N.; BISCUOLA, G. J.; DOCA, R. H. Tópicos da Física, vol. 1. 20ª ed. Reformulada. São Paulo: Saraiva, 2007.

NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A.; RAMALHO JR., F. Os Fundamentos da Física, vol. 1. 8ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. Universo da Física, Vol.1. 2ª ed. São Paulo: Atual, 2005.

ANEXO C

Neste anexo apresentamos a ementa e o conteúdo programático para a disciplina de Física III do Curso Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada.

MEC/SETEC

Instituto Federal Sul-rio-grandense

Pró-Reitoria de Ensino

CURSO: Técnico de Nível Médio em Informática – Forma Integrada

DISCIPLINA: FÍSICA III	
VIGÊNCIA : 2/2011	PERÍODO LETIVO: TERCEIRO
CARGA HORÁRIA TOTAL: 45h	CÓDIGO: Bg.DE.034
EMENTA: Estudo da álgebra Vetorial. Aplicação das leis de Newton, incluindo a conservação e a dissipação de energia mecânica, objetivando um entendimento conceitual e matemático da dinâmica dos movimentos retilíneos e curvilíneos. Estudo do Equilíbrio das Forças.	

UNIDADE 1 – Vetores

- ➔ Adição de Vetores
- ➔ Subtração de Vetores
- ➔ Multiplicação de um Vetor por um número
- ➔ Decomposição de Vetores.

Unidade 2 – Dinâmica

- ➔ Aplicação das Leis de Newton
- ➔ Força Normal
- ➔ Plano Inclinado
- ➔ Sistemas de Corpos
- ➔ Elevadores em Movimento Vertical
- ➔ Polias
- ➔ Força Elástica
- ➔ Força de Atrito
- ➔ Dinâmica dos Movimentos Curvos

Unidade 3 – Estática

- ➔ 3.1 – Equilíbrio do Ponto Material
- ➔ 3.2 – Equilíbrio do Corpo Extenso

Referências Bibliográficas

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

VILLAS BÔAS, N.; BISCUOLA, G. J.; DOCA, R. H. Tópicos da Física, vol. 1. 20ª ed. Reformulada. São Paulo: Saraiva, 2007.

NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A.; RAMALHO JR., F. Os Fundamentos da Física, vol. 1. 8ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

SAMPAIO, J.L.; CALÇADA, C. S. Universo da Física, Vol.1. 2ª ed. São Paulo: Atual, 2005.