



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis do movimento de Newton, em nível médio

Valéria Cristina Lima da Silva

Brasília – DF
Março 2009



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológica

Instituto de Física

Instituto de Química

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento, em nível médio

Valéria Cristina Lima da Silva

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^ª Dr^ª Maria de Fátima da Silva Verdeaux – e co-orientação da Prof^ª Dr^ª Célia Maria Soares de Sousa - e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF
Março 2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Valéria Cristina Lima da Silva

A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento, em nível médio

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Verdeaux
(Presidente)

Prof.^a Dr.^a Deise Amaro Agrello
(Membro titular- externo IF/UnB)

Prof.^a Dr.^a Joice de Aguiar Baptista
(Membro titular – PPGEC/UnB)

Prof. Dr. Dr. Gerson de Souza Mól
(Suplente – PPGEC/UnB)

Dedico este trabalho

Ao meu companheiro, Paulo Sérgio Vidal,
meu eterno amor. Aos meus filhos, Lúdia e João
Pedro, razões do meu viver. A minha mãe
Ednalva, por tudo o que ela representa para mim.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai Celeste, sem o qual nada disso seria possível.

A minha mãe a quem devo tudo!

Ao meu marido Paulo, pelo apoio, incentivo e amor incondicionais.

A minha irmã amada Jeanne e o meu cunhado Eduardo pelo apoio em tudo.

Aos meus irmãos João Júnior, Antônio Carlos e Karina que me animavam.

A amiga Mirele pelo apoio e carinho nos momentos mais difíceis.

Ao meu pupilo Heliudson que sempre esteve ao meu lado quando precisei.

Ao professor Milton Mattos pela preciosa contribuição na manipulação estatística dos dados.

Aos colegas professores e a equipe da direção do Centro Educacional 05 de Taguatinga pelo apoio durante a aplicação do projeto.

Ao Prof. Dr. José Leonardo Ferreira por me incentivar a iniciar esta jornada.

A minha orientadora Prof^ª. Dr^ª. Maria de Fátima pela orientação exemplar, pelo apoio e incentivo.

A minha co-orientadora Prof^ª. Dr^ª. Célia pela forma competente e profissional com que exerce a docência, nos inspirando e nos incentivando.

A CAPES pela contribuição financeira para a realização desse projeto.

A Secretaria de Estado de Educação por ter fornecido condições para a realização desse projeto através da concessão do afastamento remunerado para estudo.

RESUMO

Neste trabalho empregamos atividades experimentais através do uso de mini - foguetes construídos com garrafas de refrigerantes descartáveis do tipo PET¹, visando à promoção da aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento no ensino médio.

Trabalhamos com duas turmas de primeiro ano do ensino médio, sendo que uma turma, a experimental, foi submetida a um tratamento que constava de aulas preparadas de acordo com uma abordagem ausubeliana aliadas à atividade de construção e lançamento de mini- foguetes. E a outra turma, a de controle, na qual as aulas foram desenvolvidas sem a realização de atividades vinculadas a teoria de aprendizagem de Ausubel e ao uso de experimentos.

A análise comparativa dos resultados obtidos na pesquisa da indicação de que o uso dos experimentos associados a uma metodologia diferenciada, configura-se como uma estratégia de promoção de aprendizagem significativa.

Como resultado desse trabalho de pesquisa, elaboramos um material direcionado ao professor, que consta de informações úteis para a construção e a utilização dos mini-foguetes nas aulas voltadas para o ensino das três leis de Newton do movimento.

Palavras-chave: Ensino das Leis de Newton; foguetes; Ausubel; Teoria da Aprendizagem Significativa

¹ Politereftalato de etileno (comumente conhecido como **PET**, PETE ou o obsoleto PETP ou PET-P) é um [polímero](#) termoplástico da família dos poliesters, utilizado principalmente na forma de fibras para tecelagem e de embalagens para bebidas.

ABSTRACT

This paper is the result of the use of experimental activities, in which miniature rockets were built from plastic PET¹ bottles, in order to promote significant learning of Newton's laws of motion in High School.

We worked with two distinct groups of students, both in their 1st (first) year of High School: the first, the experimental group, was submitted to lessons prepared based on the Ausubelian theory of meaningful learning, where they built and launched the miniature rockets, while the second, the group of control, such activities were not present.

The comparative analysis of the results obtained from the research, allows us to affirm that the use of experimental activities associated with a differentiated methodology characterizes a strategy in promoting significant learning.

As a result of this research paper, we built a support material for teachers, with all necessary information to build and use the prototype rockets – that can be built with a very low cost material – as well as all plan lessons necessary to the application of the proposal.

Keywords: Learning of Newton's Laws; Rockets; Ausubel; Theory of Meaningful Learning

¹ Polyethylene terephthalate (sometimes written poly(ethylene terephthalate), commonly abbreviated **PET**, PETE, or the obsolete PETP or **PET-P**), is a thermoplastic polymer resin of the polyester family and is used in synthetic fibers and as beverages bottles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Parte externa do laboratório.....	39
Figura 2: Parte interna do laboratório.....	39
Figura 3: Estudantes construindo o foguete.....	45
Figura 4: Aula onde foi tratado o Princípio da Inércia.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias gerais do pré-teste.....	53
Tabela 2: Médias gerais do pós-teste.....	54
Tabela 3: Médias gerais ajustadas do pós-teste.....	55
Tabela 4: Valores das médias ajustadas das questões do pré e pós-teste.....	56
Tabela 5: Percentual de acerto na prova da turma experimental.....	60
Tabela 6: Percentual de acerto na prova da turma de controle.....	61

SUMÁRIO

Introdução.	12
1. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
1.1. Categoria 1: Atividades experimentais em mecânica através da utilização de materiais de baixo custo.	16
1.2. Categoria 2: O ensino das leis de Newton em nível médio.....	22
1.3. Categoria 3: Atividades facilitadoras da aprendizagem significativa dos conteúdos de Física.....	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1. A Teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel: principais conceitos e idéias.....	28
2.2. Condições para ocorrência da aprendizagem significativa.....	32
2.3. O processo de assimilação.....	33
2.4. Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória.	35
2.5. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.....	36
3. METODOLOGIA.	38
3.1. Caracterização da escola onde foi realizada a pesquisa.	38
3.2. Perfil dos estudantes.	40
3.3. Estruturação do conteúdo a ser abordado.	42
3.4. Etapas do estudo.	43
3.5. Desenvolvimento da metodologia.	43
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.	50
4.1. A tomada dos dados.	50
4.2. O Pré e pós- teste.....	50

4.3. A análise dos testes.....	52
4.4. As provas bimestrais.....	59
4.5. O questionário opinativo.....	63
5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
Apêndice A – Pré e pós teste.....	72
Apêndice B – Texto de apoio da turma experimental.....	77
Apêndice C – O organizador prévio.....	84
Apêndice D - Questões sobre a 1ª lei de Newton.....	87
Apêndice E - Questões sobre o movimento do foguete.....	88
Apêndice F - Atividade sobre a segunda lei de Newton.....	89
Apêndice G – Questionário opinativo da turma experimental.....	90
Apêndice H – Prova bimestral.....	91
Apêndice I – Planos de aula.....	93
Anexo 1 – Concepções dos estudantes sobre equilíbrio de forças.....	101
Anexo 2 – Questões respondidas após o lançamento do foguete.....	108
Anexo 3 - Autorização para uso de imagem.....	115
Proposição Didática.....	116

INTRODUÇÃO

As Diretrizes Curriculares do Ensino Médio determinam a base nacional comum dos currículos do Ensino Médio e são estruturadas em três áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias. Para a área do conhecimento que é voltada para as chamadas Ciências da Natureza que englobam Biologia, Química e Física, as Diretrizes propõem uma visão de conhecimento científico que parta de situações mais próximas da realidade do educando, valorizando o raciocínio lógico e incentivando a resolução de situações problema que exijam raciocínio e criatividade.

Nesse sentido, um dos grandes desafios do ensino de ciências consiste em propiciar meios para tornar o educando capaz de transpor um conhecimento cujo aprendizado se deu em uma determinada situação, para um novo contexto. No caso particular do ensino de Física em nível médio, ele tem sido planejado freqüentemente a partir do livro didático, na ação exclusiva do professor e, em grande parte das escolas, desprovido de atividades experimentais. Esse quadro pouco tem contribuído com a proposta de tornar o estudante capaz de utilizar o seu conhecimento em diversas situações.

Não acreditamos que a ausência de atividades experimentais se caracterize como a única causa das dificuldades de aprendizagem de Física no Ensino Médio. Existem outros fatores além dos já citados, que convergem para os resultados que temos visto ultimamente. Contudo, concordamos com o colocado por BORGES (2002) ao destacar que, apesar da ciência se caracterizar como um sistema de natureza teórica é necessário buscar oportunidades para que o ensino experimental e o teórico se efetuem em concordância para permitir a integração entre ambos. E ainda que, desprezar o mérito das atividades experimentais no

ensino de Física significa destituir o conhecimento científico do seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas. O momento da realização da atividade experimental é aquele no qual é possível articular a teoria com a prática de forma a propiciar a aquisição de significado diante de conceitos abstratos, tão particulares à Física.

Para a grande parte dos estudantes das escolas públicas de Brasília, as aulas práticas se caracterizam como uma das poucas oportunidades de participar ativamente, deixando de ser um mero ouvinte para assumir um papel relevante na construção do seu conhecimento.

Além do que foi citado anteriormente, acreditamos que uma forma de ensino que não leva em consideração o conhecimento prévio do aprendiz e a sua disposição em aprender efetivamente os conteúdos em pouco contribuirá no sentido de levar o estudante a abandonar a prática de somente reproduzir momentaneamente o conteúdo, ao invés de utilizá-lo em situações diversas daquelas as quais ele está familiarizado.

Este estudo consiste em uma proposta de realização de aulas de Física, utilizando experimentos construídos com materiais de baixo custo, como um recurso capaz de facilitar a aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento em nível médio.

O tema desse estudo deriva da nossa experiência na docência de Física em nível médio, onde percebemos a grande falta de interesse dos estudantes do primeiro ano de uma escola da rede oficial do Distrito Federal, mediante aulas ministradas sem a realização de atividades experimentais. Acreditamos que práticas pedagógicas onde predominam exemplos abstratos sem vínculo experimental freqüentemente levam a desmotivação que pode contribuir para o baixo desempenho dos estudantes nas avaliações e no aprendizado.

Essa problemática sentida fez emergir a seguinte questão: a construção e o lançamento de protótipos de mini-foguetes configuram uma estratégia efetiva para promover a aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento?

Assim, esse trabalho se propõe a confirmar se aulas ministradas com materiais instrucionais construídos de acordo com a abordagem ausubeliana e aliados à atividade de construção e lançamento de protótipos de mini-foguetes, constituem uma estratégia de facilitação da aprendizagem significativa das três leis de Newton do movimento.

Esse trabalho foi estruturado da seguinte maneira:

- 1- Revisão da literatura: Realizamos um levantamento dos artigos que se enquadram em três categorias: a) a utilização de atividades experimentais construídas com materiais de baixo custo para o ensino de mecânica em nível médio; b) atividades voltadas ao ensino das leis de Newton do movimento; c) atividades que visam à promoção da aprendizagem significativa de Física, em nível médio.

Os artigos foram selecionados nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (Brasil), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Brasil), Ciências e Educação (Brasil), Investigação em Ensino de Ciências (Brasil) e Enseñanza de las Ciencias (Espanha), no período de 1997 a 2007.

- 2- Fundamentação teórica: a base teórica do nosso estudo é a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Cujá idéia central é a da aprendizagem significativa, onde o conhecimento prévio é de grande relevância para ocorrência da aprendizagem.
- 3- Metodologia: durante o segundo semestre de 2007 foram ministradas aulas a respeito das leis de Newton do movimento sob uma perspectiva ausubeliana. Foram realizadas atividades experimentais através do uso de protótipos de mini-foguetes construídos

pelos próprios estudantes com materiais de baixo custo. O estudo em questão foi realizado no Centro Educacional 05 de Taguatinga em duas turmas da primeira série do Ensino Médio.

- 4- Resultados e análise de dados: nessa etapa apresentamos os dados obtidos através de pré e pós-testes realizados nas turmas onde ocorreu o estudo, além das provas bimestrais e dos resultados dos questionários opinativos aplicados na turma experimental.
- 5- Discussão: apresentamos os comentários e análise sobre os resultados alcançados a partir dos dados obtidos.
- 6- Conclusões e Perspectivas: comentamos os resultados obtidos, considerando os aspectos relativos a indícios de ocorrência de aprendizagem significativa e de aspectos que indicaram contribuições da utilização de uma metodologia na melhoria do desempenho dos estudantes. E ainda, nos referimos à possibilidade de utilização dessa proposta na abordagem de outros conteúdos de Física no ensino médio.
- 7- Produto educacional: um material instrucional onde consta a descrição da preparação das aulas e do material experimental utilizado, bem como dos cuidados necessários em relação à utilização do experimento.

1. REVISÃO DA LITERATURA

Realizamos uma revisão bibliográfica que abrangeu o período entre 1997 e 2007 nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (Brasil), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Brasil), Ciências e Educação (Brasil), Investigação em Ensino de Ciências (Brasil) e Enseñanza de las Ciencias (Espanha) Os artigos selecionados referem-se ao ensino de Física em nível médio. Como buscávamos a facilitação da aprendizagem significativa das três leis de Newton do movimento utilizando atividades experimentais realizadas com materiais de baixo custo, pareceu-nos conveniente agrupar os artigos em três categorias:

1. Atividades experimentais em mecânica através da utilização de materiais de baixo custo;
2. O ensino das leis de Newton do movimento;
3. Atividades consideradas como facilitadoras da aprendizagem de conteúdos de Física.

1.1. Categoria 1: atividades experimentais em mecânica através da utilização de materiais de baixo custo

Buscamos através da leitura dos textos que se referiam à utilização de materiais de baixo custo em atividades realizadas no ensino de mecânica em nível médio obter informações que pudessem contribuir para a realização das atividades experimentais desenvolvidas durante o nosso trabalho.

Nessa categoria enquadram-se dezoito artigos.

Os artigos abordam detalhes a respeito da montagem dos equipamentos, utilizando uma vasta variedade de materiais de baixo custo. Explicitam as possíveis aplicações dos

experimentos no ensino de Física em nível médio e, em alguns casos, apresentam informações mais detalhadas a respeito dos aspectos teóricos e matemáticos envolvidos nas atividades propostas.

LABURÚ e ALMEIDA (1998) sugerem montagens de aparatos experimentais utilizando materiais de baixo custo em substituição aos equipamentos comerciais como alternativa para verificar a relação linear entre força aplicada num sistema e a sua elongação (Lei de Hooke). Demonstram que os experimentos construídos com materiais alternativos como molas de plástico usadas para encadernação, elásticos, lâminas de aço e régua em nada deixam a desejar ao que se refere à qualidade didático-pedagógica em comparação aos equipamentos comerciais.

AXT, BONADIMAN e SILVEIRA (2005) indicam o uso de molas de plástico utilizadas para encadernação em atividades práticas sobre propriedades das molas. Ressalta a vantagem da utilização das mesmas frente à facilidade do manejo das molas de plástico em relação às de metal.

CANALLE e MOURA (1998) mostram outras finalidades para o funil de plástico além daquela para a qual ele foi originalmente construído. Descrevem de forma simples a construção de um duplo cone, utilizando os funis. Entre outras funções, afirmam que o aparato experimental serve como um recurso para o estudo do centro de massa em relação ao centro de simetria e para o estudo dos tipos de equilíbrio dos corpos.

Através de um aparato experimental que requer a utilização de materiais de fácil aquisição e de baixo custo, CHERNIKOFFE et al (2001) destaca o fato de ser possível mostrar, em nível médio de ensino que a localização do centro de massa de um objeto é independente do sistema de referência utilizado e, ainda, que sua posição depende do valor e

da disposição relativa das massas. Ele sugere a utilização de materiais como réguas, varetas de alumínio e prendedores de papel na realização de atividades experimentais para realçar o vínculo com o cotidiano dos estudantes.

FERRAZ NETO (2001) descreve como preparar um experimento que propicia a visualização do movimento do centro de massa de um corpo. A montagem experimental é sugerida com o uso de um bloco de madeira e duas canetas esferográficas.

SABA, SILVA e PAULA (2000) descrevem como foi possível discutir com os estudantes de ensino médio os conhecimentos relativos à mecânica, presentes em experimentos realizados através da construção de um dispositivo que reproduz, em pequena escala, o ambiente de micro - gravidade. O experimento, construído com uma pequena câmera de vídeo e uma caixa de metal permite registrar fenômenos semelhantes aos obtido em torres de queda-livre e nos vôos parabólicos de aeronaves especialmente adaptadas para a finalidade de reproduzir o ambiente de micro - gravidade.

CAMPOS e SABA (2006) apresentam em seu artigo um pião construído com o arame do clipe de papel com o qual é possível demonstrar, de forma prática, os conceitos de equilíbrio e de centro de massa.

CATELLI e PEZZINI (2001) descrevem um procedimento experimental usando um copo com água e um balão de aniversário para ilustrar temas relativos à pressão atmosférica e à pressão hidrostática.

O artigo de LABURÚ, DOMINGOS JÚNIOR e FERREIRA (2002) apresenta as orientações para a construção e a utilização de um densímetro construído com pregos e canudinhos de refrigerante, o qual pode ser empregado no ensino médio em experimentos

com ênfase qualitativa dentro do conteúdo de hidrostática e no cálculo de densidade de líquidos.

RICETTI (2002) descreve a construção de um densímetro com réguas, seringas, pedaços de mangueira, parafusos e presilhas. O aparato possui a capacidade de medir a densidade de qualquer líquido, operando em qualquer faixa de densidade. Apresenta-se vantajoso em relação aos densímetros comerciais por permitir, com um único instrumento, a medição relativa entre a densidade de outros líquidos além da água, tornando dispensável o uso destes para operar nas diferentes faixas de densidade.

LABURÚ e SILVA (2004) sugerem um experimento que permite determinar a pressão interna de lâmpadas fluorescentes de uma maneira bem simples, usando uma lâmpada fluorescente queimada e um prego fixo no fundo de um balde com água, mostram como é possível explorar os conhecimentos relativos ao princípio de Stevin na hidrostática, além da relação desse princípio com as equações dos gases.

PIMENTEL e YAMAMURA (2006) propõem a montagem de um aparato experimental que propicia a visualização do funcionamento do submarino no que se refere ao seu mecanismo de afundar ou flutuar, em função do enchimento e esvaziamento do seu tanque de lastro. Construído com caneta esferográfica, cliques e garrafas PET de dois litros, o experimento proposto no artigo é suficientemente simples para ser usado em sala de aula quando da exploração de tópicos inseridos no estudo da hidrostática.

No artigo de SABA, SILVA e SOUZA (1999) há a descrição da atividade realizada a partir do desafio proposto aos estudantes do ensino médio, de calcular a velocidade aproximada com que batatas que são lançadas por um canhão construído com materiais de PVC, utilizados normalmente em redes de abastecimento de água em residências.

Os artigos de AXT (2004), TAVEIRA, BARREIRO e BAGNATO (2004), BIANCHI e ALVES FILHO (2004) são publicações anteriores ao período no qual foi realizado o levantamento bibliográfico dessa pesquisa. Fazem parte de uma série de publicações sobre atividades experimentais no ensino de Física as quais foram reeditadas em comemoração aos vinte anos da Revista Brasileira de Ensino de Física.

AXT (2004) descreve detalhadamente a construção e a utilização de um rotor cuja finalidade é da sua utilização como um dispositivo experimental que permite obter uma coleção de dados para o estudo do movimento retilíneo uniformemente acelerado.

TAVEIRA, BARREIRO e BAGNATO (2004) demonstram como construir e utilizar um sistema constituído por uma plataforma disposta transversalmente a um suporte fixo a uma mangueira. A montagem experimental descrita no artigo é indicada para ser utilizada em aulas sobre composição de movimentos ortogonais. Permite obter rapidamente através da observação direta da trajetória de uma bolinha de aço lançada por uma mangueira resultados através dos quais é possível deduzir as leis básicas do movimento de projéteis.

LOPES et al (2007) apresenta uma versão alternativa da montagem experimental conhecido como trem de Galileu. Através de um equipamento construído com garrafa de refrigerante do tipo PET, cano de PVC, ripas de madeira, bolinha de isopor, carrinho de brinquedo movido a pilha e pistola de brinquedo, o autor explica como proceder para utilizar o movimento da bolinha durante a trajetória do carrinho para ilustrar a decomposição do movimento de projéteis.

BIANCHI e ALVES FILHO (2004) descrevem a forma de construção de um pêndulo balístico para implementar o estudo da quantidade de movimento usando pedaços de madeira e de mangueiras, tubos de canetas de plástico, canudinhos de refrigerante, esferas metálicas e

outros materiais de baixo custo. Os autores apresentam ainda, a discussões a respeito de aspectos quantitativos relacionados à atividade proposta com o objetivo de propiciar ao estudante um maior entendimento sobre o princípio da conservação do momento linear.

SOUZA (2007) mostra como construir e a utilizar foguetes produzidos com garrafas PET de dois litros. Detalha a montagem de um sistema de propulsão que funciona com água e ar comprimido. Há, ainda, a discussão dos fatores que influenciam a estabilidade de vôo do foguete, além da teoria envolvida no lançamento através de aproximações que mostram a presença dos assuntos normalmente trabalhados no ensino médio.

Através dos artigos que se enquadram nessa categoria, podemos perceber que o uso de experimentos construídos com materiais de baixo custo representa uma alternativa viável para o ensino de mecânica em nível médio, não só pelo aspecto econômico mas, principalmente, pela versatilidade desses materiais.

Diante de uma escola com sérios problemas relacionados à falta de recursos humanos e financeiros, as atividades experimentais com materiais de baixo custo se caracterizam como uma estratégia ao alcance dos professores interessados em realizar a integração entre os aspectos teóricos e práticos da Física.

Observamos ainda, que na maior parte dos artigos presentes nessa categoria, existe a preocupação dos autores com os aspectos relativos ao caráter motivador das atividades descritas. Isto pode ser percebido através de afirmações como a de LOPES et al (2007) quando escreveu que a utilização de atividades experimentais podem motivar os estudantes a ter uma participação mais ativa nas aulas de mecânica gerando nestes, o desejo de aprender.

1.2. Categoria 2: O ensino das leis de Newton em nível médio.

Nessa categoria, selecionamos oito artigos que descrevem atividades envolvendo as leis de Newton do movimento. Seis artigos trazem sugestões de atividades a serem realizadas em sala de aula para dinamizar o ensino desse tópico e dois se referem ao levantamento das concepções dos estudantes e às dificuldades de aprendizagem advindas do conhecimento pré-existente a respeito das leis de Newton do movimento.

BAGNATO e MARCASSA (1997) ressaltam que é obrigatória a introdução do conceito de inércia em qualquer curso básico de Física. Para tal, sugerem a montagem e o uso de um experimento que viabiliza a análise quantitativa para a lei da inércia. Trata-se de uma atividade formulada através de um experimento construído com tubos de PVC, cordas e concreto. No artigo são descritos os materiais necessários à montagem do experimento e a demonstração matemática da atividade proposta.

No artigo de ALMEIDA, SILVA e BABICHAK (1999) há a descrição de uma atividade que proporcionou a interação dos estudantes com o livro didático de forma diversa ao que normalmente ocorria durante as aulas sobre as leis de Newton do movimento. A proposta consistiu da leitura do texto referente à 1ª e 2ª leis de Newton do movimento e da resolução de duas questões do tipo aberta sobre a força de atrito. O estudo indicou o alcance das dificuldades relacionadas à natureza formal da linguagem do livro e a forma como os estudantes percebem a força de atrito presente em situações do seu dia-dia.

Com o objetivo de detectar a existência de conceitos espontâneos e dificuldades de aprendizagem sobre a terceira lei de Newton do movimento em estudantes do ensino médio, TALIN (1999), realizou uma pesquisa junto a turmas de primeiro e segundo ano do ensino

médio. Os dados da pesquisa foram obtidos através de um teste composto de sete itens de múltipla escolha onde havia situações que exigiam o conhecimento da terceira lei de Newton do movimento. O trabalho resultou na comprovação da existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton do movimento, bem como na sugestão da utilização de estratégias que possam promover a mudança desses conceitos para os conceitos cientificamente aceitos. Outro resultado relevante encontra-se na identificação de uma estrutura que explica a forma como ocorre a aprendizagem da terceira lei de Newton do movimento, através do agrupamento das dificuldades em três grupos que representam as situações que devem ser trabalhadas pelo professor com a finalidade de melhorar a compreensão desse assunto.

MORAES e MORAES (2000) utilizaram um conjunto de questões de múltipla escolha com o objetivo de verificar a aprendizagem conceitual da mecânica newtoniana. A proposta advém de um modelo anterior utilizado nos Estados Unidos da América como parte do esforço de professores e pesquisadores da área de ensino de Física na busca pela melhoria da qualidade da aprendizagem e do ensino dessa disciplina. A pesquisa mostrou que o conceito físico correto não faz parte da forma como o estudante enxerga e interpreta o mundo e que a concepção conceitual predominante do movimento é a aristotélica.

FERNANDES, SANTOS e DIAS (2005) apresentam a discussão a respeito de dois experimentos que são citados nos livros didáticos do ensino médio como uma consequência imediata da lei da inércia. O primeiro experimento é descrito como uma situação onde uma moeda é lançada em direção a uma pilha de moedas e o outro, trata de uma situação onde um cartão desliza sob uma superfície lisa tendo sobre si uma moeda que cairá em trajetória vertical. Os autores chamam atenção para o fato de que nas duas situações há a presença da

força de atrito. Eles sugerem uma explicação diferente da que é usualmente mostrada nos livros que utilizam esses experimentos como exemplo.

STUDART e DAHMEN (2006) sugerem que na discussão das leis de Newton do movimento, o equilíbrio de forças seja tratado de uma forma mais atraente e motivadora, através do exemplo do vôo do avião. Os autores chamam a atenção para o fato de que o avião tem se tornado mais próximo das pessoas, o que o leva a defender o uso da descrição do vôo do avião como um recurso viável para ilustrar alguns conceitos dentro da dinâmica newtoniana. O artigo fornece subsídios teóricos para o professor utilizar os conhecimentos de aeronáutica para ensinar os conceitos de Física em nível médio, dentro de uma abordagem que mostre ao estudante uma Física presente no seu dia-dia.

OLIVEIRA (2006) alerta para necessidade de o professor apresentar atividades que possam atingir os estudantes que não são motivados, através de atividades centradas em aulas expositivas e na resolução de exercício. Para ele, a forma como a Física é trabalhada atualmente está muito distante dos interesses dos estudantes. Por isso, descreve a forma como utilizou cenas do filme “Homem Aranha” para discutir com estudantes do primeiro ano do ensino médio, entre outros assuntos, a lei da inércia e o cálculo de forças resultante através do princípio fundamental da dinâmica. Como o filme trata de um personagem muito conhecido dos estudantes, o autor acredita que a utilização das cenas do filme em sala de aula se caracteriza como uma ferramenta útil e versátil para o ensino de Física.

Através da análise das respostas dos estudantes a um questionário realizado após a leitura do livro sobre a vida e a obra de Isaac Newton, ZANOTELLO E ALMEIDA (2007) buscaram mostrar a relevância da realização da leitura de textos de divulgação científica como atividade complementar ao ensino das leis de Newton do movimento e de outros temas da

Física. Destacaram que a utilização de livros e textos, diferentes do livro didático, constitui um instrumento útil para estabelecer uma efetiva mediação dialógica que conduz o estudante a uma melhor compreensão do assunto trabalhado em sala de aula.

Durante a consulta aos artigos dessa categoria observamos que a maior parte das atividades propostas para o ensino das leis de Newton do movimento não consistia no uso de atividades experimentais. Percebemos ainda que, nos artigos há a descrição de atividades utilizadas como meio de facilitar a compreensão das leis de Newton do movimento através de exemplos ligados ao cotidiano dos estudantes.

1.3. Categoria 3: atividades facilitadoras da aprendizagem significativa dos conteúdos de Física.

Os artigos dessa categoria se referem às atividades propostas com a finalidade de promover a aprendizagem significativa de conteúdos de Física em nível médio.

OLIVEIRA et al. (1998) propõem uma atividade experimental investigativa simples na primeira série do Ensino Médio, utilizando a medida do tempo de reação dos estudantes para introduzir as noções relacionadas a medições e erros de medida. A atividade consistiu em medir o intervalo de tempo decorrente entre o instante que uma pessoa recebe um estímulo e o instante de sua resposta. A medição foi efetuada através de dois métodos: o primeiro utilizando diretamente um cronômetro e o segundo através da queda livre de uma régua milimetrada. Os autores defendem a idéia de que a atividade experimental pode ser explorada como uma fonte de motivação capaz de propiciar a aprendizagem significativa, por dar

sentido real e concreto às definições e conceitos aprendidos na sala de aula ou através do livro texto.

A proposta de NOGUEIRA et al (2000) consiste na utilização do computador como instrumento de ensino de Física dentro de uma perspectiva de aprendizagem significativa. Fazendo uso de uma analogia entre a teoria de aprendizagem de David Ausubel e o desenvolvimento da linguagem computacional, os autores discutem a possibilidade da construção e da utilização de um programa de computador capaz de identificar estratégias de elaboração do pensamento e da linguagem dos estudantes. Com os resultados obtidos através da proposta, os autores pretendem contribuir não só com a disponibilização de mais um “software” útil ao ensino de Física, mas também com o aperfeiçoamento de instrumentos que possam ser usados na possível identificação dos conceitos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, que possam propiciar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Através da pesquisa desenvolvida com o objetivo de levantar situações promotoras da aprendizagem significativa em sala de aula baseada em trabalho experimental, SARAIVA-NEVES, CABALLERO e MOREIRA (2006) reforçam a importância do trabalho experimental como forma de promoção da aprendizagem significativa. Os autores ressaltam a importância das atividades experimentais serem realizadas mediante a presença de situações problema que auxiliem na construção de significado dos conceitos envolvidos. Afirmam que, para tal, é necessário ainda haver o empenho dos estudantes em tarefas que envolvam as fases da investigação científica como o planejamento, a proposta de hipóteses explicativas, além da discussão dos resultados com os pares.

Verificamos através da leitura dos artigos selecionados que os autores destacam a importância da atividade experimental na promoção da aprendizagem significativa. Além

disso, muitos parecem acreditar que a aprendizagem de Física pode ser melhorada através de ações como a utilização de exemplos que simulem a realidade cotidiana observada pelos estudantes e a utilização de métodos de ensino que permitam a participação ativa do educando no processo de ensino aprendizagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: principais conceitos e idéias

Adotamos como referencial teórico desse estudo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. As idéias presentes na teoria de Ausubel explicam a aquisição do conhecimento dentro de uma perspectiva cognitivista.

A noção de aprendizagem significativa constitui-se o eixo central da teoria de Ausubel. Para ele, a aprendizagem implica na interação entre elementos da estrutura cognitiva prévia do estudante e o conteúdo a ser aprendido. Essa interação se dá através de um processo onde há modificação mútua tanto da estrutura mental pré-existente quanto do novo conhecimento a ser adquirido.

Para Ausubel, o fator isolado que mais influencia as aprendizagens futuras é o conhecimento, por parte dos educadores, daquilo que o estudante já sabe.

“Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diríamos o seguinte: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.137).

A importância do conhecimento do que o estudante já sabe se dá na medida em que aquilo que já faz parte da estrutura cognitiva do aprendiz servirá de ponto de partida para a aquisição de novos conhecimentos. Contudo, isso não significa considerar o conhecimento

prévio do aprendiz em termos de pré-requisito, mas sim em identificá-los como idéias e conceitos relevantes para novas aprendizagens.

O conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz que se relaciona especificamente com a nova informação é definido como subsunçor.

“O ‘subsunçor’ é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira significado para o sujeito”.

(MOREIRA, 1999, p.11).

A interação entre o subsunçor e o novo conhecimento não se dá de forma unilateral. Ao contrário, se dá num processo através do qual tanto a nova informação passa a ter significado para o aprendiz, como a informação relevante que faz o papel de subsunçor sofre modificação tornando-se mais abrangente e organizada. Assim, há na aprendizagem significativa um processo no qual o subsunçor serve de ancoradouro para o novo material incorporando-o e o assimilando-o ao mesmo tempo em que se modifica em função dessa ancoragem (MOREIRA, 2006).

Ausubel considera que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva baseada numa hierarquia com elementos mais específicos do conhecimento se ligando a conceitos, idéias, proposições mais gerais e inclusivas.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação passa a fazer parte da organização cognitiva do aprendiz através de um processo onde o novo conhecimento é armazenado de forma não literal e não arbitrária. Nas palavras de Ausubel:

“Uma relação não arbitrária e não literal significa que as idéias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do estudante como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um

conceito ou uma proposição” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p.34).

Assim, numa conexão não literal e não arbitrária a aprendizagem não depende das palavras específicas utilizadas quando da recepção do material. É um tipo de conexão onde é preciso que o aprendiz perceba algum significado lógico na nova informação. Para isso o novo material deve possuir um caráter não aleatório, ou seja, nele deve existir algo com o qual o estudante possa relacionar às estruturas cognitivas disponíveis.

No entanto, quando não há disponibilidade na estrutura cognitiva dos conceitos subsunçores, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios. Eles são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem.

“Segundo Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber a fim de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis na medida em que funcionam como pontes cognitivas” (MOREIRA, 2006, p. 137).

Os organizadores prévios são utilizados para fazer a ligação entre aquilo que o estudante já sabe e aquilo que ele precisa saber para aprender significativamente. É construído com certo grau de abstração e inclusividade de forma a facilitar a apreensão do conhecimento que o aprendiz precisa adquirir. Moreira destaca que os organizadores prévios, além de fornecer “idéias-âncora” relevante para a aprendizagem, podem estabelecer relações entre idéias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles existentes no material de aprendizagem.

Ausubel distingue aprendizagem significativa da aprendizagem mecânica. Nesta última ocorre pouca ou nenhuma relação entre o conhecimento pré-existente e a nova informação. Apesar das diferenças observadas entre esses dois tipos, a aprendizagem mecânica não exclui a possibilidade de uma futura aprendizagem significativa. Isso se deve ao fato de que é possível um conhecimento ser inicialmente memorizado para posteriormente a partir dele, o aprendiz ir aos poucos estruturando novos conhecimentos, sendo capaz de estabelecer as relações específicas do processo de aprendizagem significativa. Apesar de existir a necessidade da aprendizagem mecânica em determinados momentos do processo de ensino, como no caso da fase inicial de aquisição de um novo corpo de conhecimento, a aprendizagem significativa mostra-se vantajosa por possibilitar a retenção do conhecimento por mais tempo e por aumentar a capacidade do estudante de aprender outros materiais relacionados com mais facilidade (MOREIRA, 2006).

MOREIRA (2006) destaca que a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não deve ser confundida com a diferença entre aprendizagem por recepção e por descoberta. Visto que, na aprendizagem por descoberta o sujeito precisa descobrir aquilo que ele vai aprender, enquanto que na aprendizagem por recepção o conhecimento é apresentado ao estudante na sua forma final. No entanto tanto uma quanto a outra podem ocorrer de forma significativa, desde que o novo material seja incorporado à estrutura cognitiva de forma não-arbitrária e não-literal.

MOREIRA (2006) aponta ainda, para o fato de que a maior parte da instrução, realizada em sala de aula está orientada para a aprendizagem receptiva, que pode possuir o caráter de aprendizagem significativa desde que haja condições necessárias à sua ocorrência.

2.2. Condições para ocorrência da aprendizagem significativa

AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN (1980) aponta três condições básicas necessárias para que possa haver um processo de aprendizagem significativa:

- 1- A primeira diz respeito ao significado lógico do novo material cuja estrutura interna não deve ser arbitrária e nem confusa para facilitar o estabelecimento de relações com os conhecimentos prévios dos estudantes;
- 2- A segunda condição se refere à presença na estrutura cognitiva do aprendiz de conhecimentos prévios pertinentes e ativados que possam ser relacionados com o material a ser aprendido;
- 3- A terceira condição tem como foco a disposição favorável do estudante para aprender de maneira significativa.

MOREIRA (2006) mostra que uma condição não exclui as demais. Isto implica em afirmar que não basta somente o material ser potencialmente significativo é preciso que se utilize de meios capazes de identificar as concepções dos estudantes a respeito do assunto a ser trabalhado.

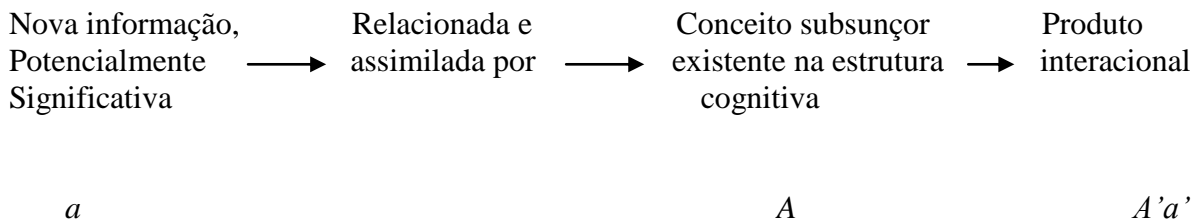
Ter disposição em aprender significativamente exige uma atitude favorável para relacionar o que já se sabe com aquilo que se pretende aprender. Para isso então, é preciso que se faça uso na sala de aula de recursos atrativos e motivadores que possam desencadear no estudante o desejo em aprender significativamente.

Portanto, para que ocorra a aprendizagem significativa é necessária uma prática docente que atente para o caráter motivacional das atividades propostas e para a estrutura

cognitiva do aprendiz, buscando-se observar esses aspectos quando da preparação do material instrucional.

2.3. O processo de assimilação

Para melhorar a compreensão da forma como acontece a aquisição e a organização dos significados na estrutura cognitiva, Ausubel se refere ao princípio da assimilação. No processo de assimilação, as novas informações interagem na estrutura cognitiva com os subsunçores de tal forma que, ao final do processo, o produto interacional resultará em algo diferente do que se tinha anteriormente. Isso contribui para a diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. Pois tal processo não resulta somente em mudança do conhecimento já existente, mas também no conhecimento que está que sendo adquirido.



O esquema utilizado por MOREIRA (2006) e apresentado anteriormente mostra que ao final do processo não é possível distinguir o novo conhecimento do antigo. Mesmo após o aparecimento de novos significados, ainda há a permanência da relação entre a idéia âncora e as idéias assimiladas. Além disso, existe o fato de que o produto interacional pode sofrer modificações ao longo do tempo, pois a assimilação não se trata de algo que é finalizado após a ocorrência de aprendizagem significativa e sim de algo que continua ocorrendo, abrindo possibilidade para novas aprendizagens.

Para explicar como as novas informações recém assimiladas permanecem disponíveis durante um período variável de retenção, admite-se que durante um determinado período, elas permaneçam ligadas aos subsunçores, sendo assim reproduzíveis como entidades individuais.

$$A'a' \rightleftharpoons A'+a'$$

Disso entende-se o que o produto $A'a'$ durante um tempo pode ser decomposto em A' e a' favorecendo então a retenção de a' .

A importância da assimilação não se deve somente a aquisição e a retenção do significado, mas também pelo fato desse processo implicar em um mecanismo de esquecimento das idéias subjacentes a esse conhecimento. Isso quer dizer que, após a ocorrência da aprendizagem significativa inicia-se um processo onde o produto interacional do tipo $A'a'$, inicia um processo de mudança denominado assimilação obliteradora, onde as novas informações passam a se tornar espontâneas e progressivamente dissociáveis de seus subsunçores, até que não mais podem ser percebidas como entidades individuais. Nesse ponto o produto interacional alcança um grau de dissociabilidade nulo e o que era $A'a'$ passa a existir como somente como A' . Segundo Moreira:

“Apesar de a retenção ser favorecida pelo processo de assimilação, o conhecimento assim adquirido está sujeito à influência erosiva de uma tendência reducionista da organização cognitiva; é mais simples e econômico reter apenas idéias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis do que as novas idéias assimiladas.” (MOREIRA, 2006, p.30)

Assim, o conhecimento cuja retenção foi propiciada pelo processo de assimilação, também deixa de existir na sua forma original e passa a integrar o membro mais estável do produto interacional.

2.4. Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória

Todo processo descrito até aqui mostra que a aprendizagem significativa reflete uma relação e subordinação entre subsunçores e novos conhecimentos. Segundo MOREIRA (2006), Ausubel distingue três formas diferentes pelas quais pode ocorrer a relação hierárquica na estrutura cognitiva entre o que se pretende aprender e o conhecimento existente:

- 1- A primeira, denominada aprendizagem subordinada ocorre através da subordinação do novo conhecimento à estrutura pré-existente. É classificada como derivativa e correlativa quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico do conceito anterior ou como uma ilustração. Nos dois casos o significado do material emerge rápido e relativamente sem esforço, pois é derivável de um conceito mais inclusivo já existente. A aprendizagem subordinada é considerada correlativa quando o material aprendido é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos. Nesse caso, apesar da interação ter se dado com subsunçores mais inclusivos, o sentido não está implícito, não pode ser adequadamente representado pelos subsunçores, como no caso da aprendizagem subordinada derivativa. A maior parte do conteúdo escolar é adquirida através do processo de aprendizagem subordinada correlativa (MOREIRA, 2006).
- 2- Na aprendizagem superordenada, o conhecimento prévio é mais específico que o novo material, estabelecendo-se como uma idéia ou conceito de posição superior, que inclui como exemplo casos ou extensões dos conceitos já existentes. A aprendizagem superordenada permite a elaboração dos conceitos pré-existentes e possibilita a ocorrência de interação entre eles dando origem a outros subsunçores mais abrangentes. Esse tipo de aprendizagem se dá no curso de raciocínios indutivos, ou

quando o material organizado envolve síntese de idéias. MOREIRA (2006) afirma que a aquisição de significados superordenados se dá mais comumente na aprendizagem conceitual do que na proposicional.

- 3- A aprendizagem combinatória é a que ocorre na aprendizagem de proposições e no caso específico de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou de superordenação com proposições ou conceitos específicos e sim com um conteúdo amplo existente na estrutura cognitiva. É o tipo de aprendizagem onde não há relação hierárquica entre o conhecimento prévio e o novo material a ser adquirido. Os conhecimentos que se relacionam se situam num nível similar na estrutura cognitiva. Apesar de serem aprendidos com maior dificuldade do que através de subordinadas ou de superordenação, esses conhecimentos podem adquirir um certo grau de estabilidade na medida em que os elementos se reorganizem e adquira novos significados (MOREIRA, 2006).

2.5. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Como nesse estudo tínhamos a intenção de facilitar a aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento, fez-se necessário observar o que se refere à diferenciação progressiva e reconciliação integrativa na programação do conteúdo explorado em sala de aula tendo como referencial a teoria da aprendizagem de David Ausubel. Segundo MOREIRA e MASINI (1982, p.21), na medida em que ocorre a aprendizagem significativa têm-se que os conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados devido à ocorrência de sucessivas interações. Na perspectiva ausubeliana, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conhecimento são introduzidos no início do

processo, para posteriormente ser progressivamente diferenciado em termos de detalhes e especificidades.

Esse processo de diferenciação progressiva deve ser levado em consideração ao se programar o conteúdo. Ausubel propõe a diferenciação progressiva baseado em dois aspectos: a) o fato de haver indícios de que é mais fácil para o ser humano captar aspectos de um todo mais inclusivo previamente apresentado do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas; b) e a crença de que a organização do conteúdo de uma dada disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica, onde as idéias mais inclusivas encontram-se na posição superior da estrutura cognitiva e vão aos poucos incorporando proposições conceitos menos inclusivos e mais diferenciados.

De acordo com a abordagem ausubeliana, na programação do conteúdo é importante atentar para as possibilidades de explorar explicitamente as relações entre proposições e conceitos, com o objetivo de chamar a atenção para diferenças e similaridades para atingir o que ele designa por reconciliação integrativa.

Quando planejamos as aulas desenvolvidas nesse estudo buscamos atentar para a importância da ocorrência da diferenciação progressiva como sendo o princípio através do qual o assunto a ser trabalhado deve ser programado de tal forma que as idéias mais gerais e inclusivas sejam apresentadas no início e venham a ser progressivamente diferenciadas a partir da introdução de detalhes específicos necessários. Buscamos ainda, propiciar a reconciliação integrativa como sendo o princípio através do qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar as relações existentes entre as idéias.

3. METODOLOGIA

3.1. – Caracterização da escola onde foi realizada a pesquisa

O estudo foi realizado no Centro Educacional 05 situado em Taguatinga no Distrito Federal.

A escola faz parte da rede pública de ensino do Distrito Federal, funciona no turno matutino e noturno para atender as três séries do ensino médio e, no vespertino, atende o ensino fundamental com turmas de oitavas e sétimas séries.

A escola possui apenas um laboratório de Ciências utilizado pelos professores de Física, Química, Biologia e Ciências. Não há um professor responsável pelas atividades experimentais. Além da escassez de recursos humanos, existe ainda a falta de recursos materiais, as bancadas estão bastante danificadas, os equipamentos existentes são antigos, incompletos e sem os respectivos manuais. Apesar desse quadro, cabe ressaltar que o ambiente é freqüentemente utilizado pelos professores os quais, na maior parte do tempo, utilizam recursos próprios para viabilizar a realização das atividades.

Para propiciar a compreensão do contexto onde foi realizado o estudo, seguem duas fotos do único laboratório da escola. A figura 1 possibilita a visão da parte externa e a figura 2 do interior do laboratório.



Figura 1. Parte externa do laboratório



Figura 2. Parte interna do laboratório

Dentro das condições apresentadas, o nosso trabalho foi realizado com o objetivo de estimular um ensino voltado para a aprendizagem significativa, através da utilização de um

experimento produzido com material de baixo custo, buscando a integração entre a teoria e a prática como forma de diminuir o desinteresse e o baixo rendimento por nós observados durante os dez anos de atuação na escola, no ensino de Física, na primeira série do ensino médio.

3.2. Perfil dos estudantes

A escola tem nove turmas de 1ª série do ensino médio no horário matutino das quais, durante a realização desse trabalho, duas ficaram sob a nossa responsabilidade (1B e 1E), tendo como atribuições ministrar os conteúdos e realizar os demais procedimentos que incluíam as avaliações, os conselhos de classe e as reuniões com os pais e professores.

A turma B foi escolhida como turma de controle e a turma E, onde aplicamos o tratamento, foi proposta como turma experimental.

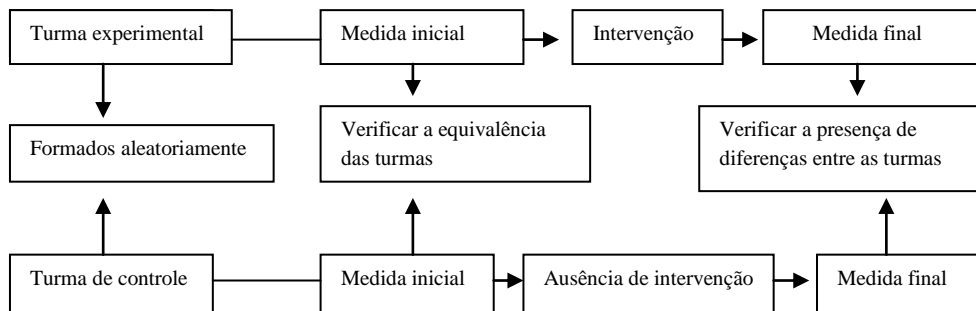
Cabe ressaltar que não houve professor regente no primeiro e parte do segundo bimestre nas turmas de primeiro ano da escola onde ocorreu o estudo. Isso impediu a existência de um período para observação das turmas com o objetivo de realizar a escolha das turmas que seriam pesquisadas. Com isso não houve a participação da professora mestranda na escolha das turmas onde seria realizada a pesquisa. As turmas foram cedidas pelo professor regente de acordo com o horário mais conveniente para ele se ausentar da sala de aula para realizar outro tipo de atividade na escola.

Como pretendíamos averiguar se a utilização da metodologia facilitaria a aprendizagem e, por conseqüência, elevaria o rendimento nas avaliações optamos em utilizar o delineamento experimental (LAVILLE e DIONNE, 1999) para a pesquisa, pois tínhamos

mais de uma turma de primeiro ano no mesmo turno, o que nos possibilitaria a comparação dos dados.

Para assegurar a equivalência das turmas de controle e experimental verificamos junto à secretaria da escola quais os mecanismos que eram utilizados para a formação das turmas. Foi constatado que a montagem ocorreu sem o auxílio de critérios ligados a aspectos como faixa etária, rendimento ou outros de outra natureza, ou seja, de forma aleatória.

As etapas do trabalho foram feitas de acordo com o esquema a seguir.



Segundo Campbell e Stanley, apud MOREIRA, 2003, no delineamento experimental trabalha-se com dois grupos, cujos sujeitos são determinados aleatoriamente, o que se encaixa no nosso caso. Inicialmente é feita uma medida inicial (pré-teste) em ambos os grupos, como descrito no esquema acima. A seguir um grupo é submetido ao tratamento (turma experimental) e o outro não (turma de controle). Após, aplica-se o pós-teste a ambos os grupos, teste esse que pode ser igual ao pré-teste. As diferenças entre os resultados do pré e pós-teste em ambos os grupos podem fornecer evidências sobre o efeito do tratamento.

3.3. Estruturação do conteúdo a ser abordado

Devido à falta de professor, as turmas tiveram suas atividades iniciadas com um déficit de aula superior a um bimestre. Com isso, o conteúdo trabalhado no segundo semestre nas turmas de primeiro ano correspondem ao normalmente trabalhado no primeiro semestre.

No quarto bimestre, o professor regente, que cedeu as turmas para pesquisa, planejou abordar as três leis de Newton do movimento em todas as turmas de primeiro ano do turno matutino. Como não havia sido adotado livro didático de Física na escola, a turma 1B que não foi submetida ao tratamento utilizou a apostila preparada pelo professor regente. Além disso, todas as turmas, inclusive as duas que eram os sujeitos da pesquisa, seriam submetidas à mesma avaliação bimestral.

Decidimos trabalhar as três leis de Newton do movimento utilizando um experimento de baixo custo, o qual consistia de uma base de lançamento fabricada com canos e de foguetes construídos com garrafas PET. Esse tipo de atividade experimental permite abordar as leis de Newton do movimento através de uma atividade motivadora e facilitadora da compreensão das idéias contidas nessas leis.

Tendo examinado a estrutura do conteúdo a ser abordado optamos, por motivos didáticos, iniciar o tratamento na turma experimental com a lei da inércia, depois apresentamos o princípio da ação e reação e por último o princípio fundamental da dinâmica. Essa ordem de explanação das três leis de Newton do movimento se deu com o objetivo de favorecer a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

3.4. Etapas do estudo

O estudo teve a duração de três meses. O trabalho teve início em setembro de 2007, com a aplicação do pré-teste, e se estendeu até o início de dezembro de 2007, com a aplicação das provas bimestrais.

A análise dos dados se iniciou no final do segundo semestre de 2007 e foi finalizada no primeiro semestre de 2008.

3.5. Desenvolvimento da Metodologia

A turma experimental era composta por 28 estudantes que freqüentavam as aulas regularmente. Para esse grupo, as aulas foram ministradas de forma diferenciada com o objetivo de facilitar a aprendizagem significativa das três leis de Newton do movimento e, conseqüentemente levar a uma melhora no rendimento dos estudantes.

No início do tratamento foi aplicado um pré-teste (Apêndice A) nas duas turmas com o objetivo de conhecer as concepções dos estudantes a respeito das três leis de Newton do movimento. Ausubel considera conhecer o que o aprendiz já sabe, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem. O nosso interesse em conhecer as concepções dos estudantes foi de encontro com a necessidade do professor de planejar as atividades de acordo com o conhecimento prévio dos estudantes.

O pré-teste nos permitiu ter uma noção dos conhecimentos já existentes a respeito das leis de Newton do movimento da turma como um todo. De posse das respostas dos testes, foi possível realizar o planejamento das aulas ministradas nas duas turmas.

O pré-teste constou de dez questões de múltipla escolha (Apêndice A). As questões versavam sobre as três leis de Newton do movimento. Cabe ressaltar que antes da realização

do teste, ambas as turmas foram orientadas a não consultar nenhum tipo de material bem como a não consultar o colega. Além de disso, as turmas foram comunicadas de que não haveria nenhum tipo de punição ou premiação para erros e acertos. Para garantir a participação efetiva dos estudantes, foi acrescido um ponto à nota de todos que entregaram o teste totalmente respondido.

Após a realização do pré-teste, iniciamos a atividade na turma experimental de forma diferenciada.

Na turma de controle havia 34 estudantes freqüentes. Para esta turma as aulas sobre as leis do movimento de Newton aconteceram sem a utilização de atividades experimentais. Além disso, não houve um tipo de abordagem voltada para a facilitação da aprendizagem significativa.

Como julgamos que o conceito de força seria um conhecimento bastante relevante, para a aquisição dos conhecimentos relativos às leis de Newton do movimento optamos pela utilização de um texto para ser trabalhado na turma experimental. Esse material fez o papel de um organizador prévio. MOREIRA (2006) indica a utilização de organizadores prévios com o objetivo de fazer a ligação entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para aprender significativamente.

Essa atividade consistiu na leitura de um texto (Apêndice C), adaptado do artigo de BERMAN (2007), contendo as idéias de energia e força. Tal adaptação se faz necessária porque o artigo na sua totalidade apresentava algumas idéias que não iam de encontro ao objetivo pretendido com a realização da atividade. Após a leitura individual, foi solicitado aos estudantes que elaborassem questões a respeito do texto.

Na aula seguinte eles trocaram as questões uns com os outros e foi realizado um debate, para que pudessemos ter uma idéia sobre a compreensão a respeito do assunto do texto. Após o debate, observamos que nem todos tinham conhecimento das idéias tratadas no

texto e, por isso, utilizamos a aula seguinte para discutir o conteúdo que tratava da idéia de força, movimento, repouso, referencial, noção de direção, sentido e intensidade de grandezas vetoriais.

Assim, nosso objetivo com a leitura do texto consistiu em propiciar uma discussão que trouxesse a tona os conhecimentos já existentes para facilitar a aprendizagem significativa das leis de Newton do movimento.

Após uma breve explicação sobre a proposta da construção e do lançamento dos mini-foguetes, dividimos a turma em sete grupos. A cada grupo coube providenciar o material necessário para a confecção do foguete do seu grupo. Os estudantes providenciaram garrafas do tipo PET, tesouras, fitas adesivas, canetas e outros objetos úteis à construção.

A construção dos mini-foguetes foi realizada no laboratório de ciências da escola, conforme mostra a figura 3. Lá os estudantes tiveram oportunidade de trabalhar com as medidas de comprimento e conheceram as partes do mini-foguete e suas funções específicas.



Figura 3. Estudantes construindo o foguete.

De posse dos foguetes construídos pelos estudantes iniciamos o estudo das leis de Newton do movimento através do uso do experimento. As atividades experimentais foram acompanhadas de questões (Apêndice D) as quais foram formuladas com a finalidade de gerar reflexões úteis à introdução de cada uma das três leis de Newton do movimento.

A primeira lei de Newton do movimento foi trabalhada em sala com um dos foguetes em repouso na base de lançamento no centro da sala.

Nosso objetivo era o de levar o estudante a observar que o foguete permaneceria na plataforma de lançamento até que acontecesse o desequilíbrio das forças impulsionando-o para cima. Partimos das concepções dos estudantes (Anexo 1) em relação às forças que agem no foguete, quando em repouso na base, para seguir a explanação da primeira lei através da aula expositiva. A aula na qual foi tratada a lei da inércia ocorreu na sala de aula conforme o registrado através da figura 4.



Figura 4. Aula onde foi tratado o princípio da inércia

Os lançamentos dos foguetes foram realizados na parte externa da escola. Na aula anterior explicamos como ocorreria o lançamento e pedimos aos grupos que elaborassem as regras de segurança a serem obedecidas durante a realização da atividade experimental. Esses cuidados tratavam sobre a distância entre a base de lançamento e a turma, o estudante responsável pelo resgate do foguete após a queda e o responsável pelo acionamento do gatilho.

Utilizamos o primeiro lançamento para trabalhar a terceira lei de Newton do movimento. Cada grupo lançou o seu foguete, usando água e ar comprimido, e respondeu às questões (Apêndice E) formuladas com objetivo de analisar as causas do vôo do foguete.

Durante a realização dos lançamentos, os estudantes fizeram os seguintes questionamentos: o que aconteceria se aumentássemos a quantidade de água dentro da garrafa? E se não houvesse água, só o ar, ele voaria?

Na aula seguinte, foi realizada uma discussão sobre a terceira lei de Newton do movimento a partir das respostas às questões propostas e das colocações dos estudantes durante a realização do experimento. Depois, foi realizada a leitura do texto de apoio (Apêndice B) e a resolução dos exercícios sobre a primeira lei e a terceira lei de Newton do movimento.

A aula preparada para o estudo do princípio fundamental da dinâmica teve início com a distribuição de um pequeno roteiro contendo os procedimentos que deveriam ser realizados no próximo lançamento. Nessa atividade os grupos lançaram os foguetes duas vezes: a primeira utilizando ar comprimido e a segunda utilizando água e ar comprimido.

Em cada um dos lançamentos eles mediram a distância entre o local do lançamento e o local da queda, além de efetuarem a medida aproximada do ângulo formado entre a horizontal e a altura máxima. Nessa aula também foi estipulado, em cada grupo, a função dos componentes durante a realização da atividade. De posse desses valores, e fazendo uso de

uma tabela contendo os valores das tangentes dos ângulos, cada grupo, calculou a altura aproximada dos foguetes nas duas situações propostas.

Realizamos essa atividade com o objetivo de utilizar as medidas obtidas através do experimento para fazer a comparação que possibilitaria a discussão da 2ª lei de Newton do movimento.

A etapa seguinte ocorreu na sala de aula, onde foi solicitado que, fazendo uso dos valores calculados, cada grupo respondesse às questões propostas (Apêndice F). Na aula seguinte as respostas foram escritas no quadro e, através delas, procedemos, estabelecendo a relação de proporcionalidade entre a massa dos foguetes e a força que os faziam voar. A turma pôde perceber que os foguetes que tinham água alcançavam alturas maiores e aparentavam ser mais velozes que os vazios. A aula teve continuidade através da explanação da equação matemática da segunda lei de Newton do movimento, seguida pela leitura do texto de apoio (Apêndice B) e da resolução dos exercícios.

Na turma de controle o conteúdo era desenvolvido através de aulas expositivas, sem o auxílio de qualquer espécie de atividade experimental. Usamos a apostila preparada pelos professores de Física da escola. Após a explanação de cada uma das três leis, resolvemos os exemplos do material e solicitamos que os estudantes resolvessem os exercícios propostos.

Após a conclusão das atividades relativas às três leis de Newton do movimento nas turmas experimental e de controle, as turmas foram submetidas ao pós-teste que era exatamente igual ao pré-teste. Tivemos o cuidado para que todos participassem do teste. Para garantir que todas as questões fossem respondidas ficou estipulado que cada acerto valeria um décimo extra na nota final do bimestre.

Como estávamos realizando um trabalho com a finalidade de facilitar a aprendizagem significativa pareceu-nos importante realizar um teste opinativo (Apêndice G) na turma experimental com o objetivo de colher as impressões dos estudantes em relação à atuação da

professora, bem como em relação à utilização do experimento como estratégia de ensino. Nossa intenção era a de perceber como o estudante se sentiu no processo de ensino aprendizagem, pois segundo MOREIRA (2006), para que ocorra aprendizagem significativa é preciso que haja disposição do estudante em aprender significativamente, daí buscamos saber se a estratégia utilizada gerou essa disposição.

Ao final do bimestre a turma experimental e a turma de controle foram submetidas à avaliação bimestral que contava de questões relativas às três leis de Newton do movimento. A prova foi aplicada nas nove turmas da escola em um mesmo momento, constava de questões abordando o aspecto conceitual, bem como questões voltadas para o cálculo (Apêndice H).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. A tomada dos dados

Nesse trabalho, as atividades pedagógicas foram planejadas e realizadas através de procedimentos que propiciaram à professora acompanhar e avaliar o processo de aprendizagem dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

A tomada dos dados se deu da seguinte maneira: os fatos relevantes que ocorreram durante as aulas foram registrados numa espécie de diário de bordo. Aplicamos um pré e um pós-teste, avaliação da aprendizagem (prova bimestral) e questionário opinativo.

No início da pesquisa, a turma experimental tinha um total de 28 estudantes freqüentes e a turma de controle um total de 34. Dos 28 estudantes da turma experimental somente 22 participaram realizando os testes, o questionário e a prova bimestral. Da turma de controle tivemos a participação efetiva de 24 estudantes nas atividades propostas.

4.2. O Pré e pós-teste

O teste foi constituído de 10 questões de múltipla escolha que continha no máximo 5 possíveis alternativas para uma única resposta. As questões envolviam a compreensão de situações relacionadas às três leis de Newton do movimento. As questões foram extraídas de testes já utilizados anteriormente em outras pesquisas (SILVEIRA, MOREIRA e AXT, 1992 e TALIM, 1998) e de um livro de Física utilizado no ensino médio (GASPAR, 2007). O pré e o pós-teste constavam das mesmas questões.

A data referente à aplicação do pré-teste foi comunicada às turmas anteriormente. Antes da aplicação do pré-teste, foi solicitado aos estudantes que não consultassem qualquer tipo de material e que respondessem às questões sem o auxílio dos colegas.

Foi esclarecido que se tratava de uma avaliação cujo objetivo era o de detectar os conhecimentos que eles tinham a respeito do assunto que ainda ia ser trabalhado e que, por isso, eles deveriam respondê-la de forma responsável.

Após a aplicação, corrigimos o pré-teste mas não divulgamos o resultado para as turmas; ficou estabelecido que a nota seria referente à participação e não à quantidade de acertos e erros. De posse dos resultados, foi possível planejar as atividades da turma experimental tendo em vista o conhecimento prévio dos estudantes, conforme propõe a teoria de Ausubel.

O pós-teste foi aplicado ao final do curso em ambas as turmas. Adotamos o mesmo procedimento quando da aplicação do pré-teste: comunicamos previamente a data da realização do pós-teste, recomendamos os cuidados em relação a marcações aleatórias e às trocas de informações entre os estudantes.

A distribuição das questões do teste se deu da seguinte forma: 2 questões se referiam ao princípio da inércia (questões 1 e 2), 4 questões descreviam situações que exigiam do estudante a compreensão do princípio fundamental da dinâmica (questões 3, 4, 5, 6) e 4 questões tratavam da aplicação do princípio da ação e reação (questões 7, 8, 9, 10).

4.3. A análise dos testes

Por termos optado pelo uso de um delineamento experimental (LAVILLE e DIONNE, 1999) com a utilização do pré e pós-teste com grupo de controle fez-se necessário a utilização de uma análise estatística que fosse ao encontro a esse tipo específico de delineamento.

Foi então utilizada a metodologia quantitativa para analisar os dados obtidos através dos testes. Utilizamos a análise de covariância (ancova). Tal opção se deve ao fato de ser esse um recurso capaz de indicar se os dois grupos (turma experimental e turma de controle) diferem em uma variável denominada dependente enquanto se mantêm fixos os efeitos de outra variável denominada covariável. No caso deste estudo, a variável de interesse é a quantidade de acertos no pré e pós-teste.

A ancova é particularmente indicada quando da utilização de teste antes de uma situação ou condição experimental e a reaplicação do mesmo teste posteriormente. Nesse caso, o pré-teste é utilizado como covariável, ou seja, esse procedimento estatístico possibilita controlar ou remover o efeito do pré-teste para que se possa verificar as possíveis alterações provenientes de uma intervenção. No caso desse trabalho, a diferença deveria ser proveniente do tratamento o qual foi sujeita a turma experimental. Acreditamos que somente a diferença entre escores não nos permitiria verificar alterações devido à utilização das diferentes metodologias de ensino, uma vez que os dados obtidos através do pós-teste poderiam estar relacionados ao pré-teste. Assim, esse procedimento tinha como objetivo nivelar as turmas removendo os efeitos no pós-teste que poderiam ter origem no pré- teste.

Em DANCEY e REIDY (2006) consta que o valor p orienta a decisão de rejeitar a hipótese nula sendo ela verdadeira. Nesse caso a hipótese a ser rejeitada é que não há

diferença entre as médias da turma experimental e de controle. Atribui-se como parâmetro de comparação o valor $p = 0,05$. Assim, se obtivermos um valor de $p < 0,05$ rejeitamos a hipótese nula de que não há diferença entre as turmas.

Consta ainda que, o desvio padrão é a medida de quanto os valores da amostra variam em torno da média, ou seja, é uma média da dispersão da variável, nesse caso, as notas. Ele nos fornece uma indicação do que ocorre nos dois extremos. O erro padrão fornece uma medida do grau com que as médias amostrais se desviam da média das médias amostrais. Uma vez que a média das médias amostrais é a média da população, o erro padrão nos informa qual o grau com que as médias amostrais se afastam da média populacional (DANCEY e REIDY, 2006).

Dessa forma, após a aplicação dos testes, em ambas as turmas, os dados foram submetidos ao método de análise de covariância utilizando o software SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versão 13, cujos resultados serão apresentados a seguir:

Tabela 1: Médias gerais do pré-teste

Turma	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Número de estudantes	Valor p* do teste t
Controle	0,66	0,816	0,166	24	
Experimental	1,13	0,888	0,189	22	0,068

*Há diferença significativa entre as turmas se $p < 0,05$

Foi utilizado o teste t para diferenças de médias para amostragens independentes. Com isso, pretendíamos detectar uma diferença significativa entre as duas turmas antes da

aplicação da metodologia. O p valor igual a 0,068, obtido através da análise dos resultados do pré-teste, indica que as turmas não apresentavam diferença significativa. O que nos leva crer que no início da pesquisa, os estudantes de ambas as turmas apresentavam concepções prévias semelhantes a respeito dos fenômenos relacionados às leis de Newton do movimento.

Tabela 2: Médias gerais do pós-teste

Turma	Média	Erro padrão	Número de estudantes	Valor p
Controle	2,04	0,326	24	
Experimental	4,09	0,321	22	0,000

No pós-teste, o grupo de controle obteve uma média geral de 2,04 com erro padrão de 0,326 enquanto a turma experimental obteve média geral de 4,09 com erro padrão 0,321. Os valores obtidos indicam que houve diferença entre a média geral obtida no pós-teste das duas turmas ($p < 0,05$). A média geral da turma experimental foi superior à da turma de controle; contudo, somente a diferença entre as médias não nos permitiria perceber alterações devido a utilização das diferentes metodologias de ensino uma vez que existe a possibilidade do pré-teste está relacionado a essa diferença encontrada.

Tabela 3: Médias gerais ajustadas do pós-teste.

Turma	Média	Erro Padrão	Número de estudantes	P valor
Controle	2,14	0,317	24	
Experimental	3,97	0,331	22	0,000

Após a análise de covariância, que possibilitou o ajuste das médias gerais, percebemos que continuou existindo diferença entre os valores da média geral obtida no pós-teste. A turma de controle teve sua média geral ajustada para 2,14 e erro padrão para 0,317 enquanto que na turma experimental o valor obtido na média geral passou para 3,97 e o erro padrão passou para 0,331. Esse conjunto de dados indica que ao final do processo de ensino aprendizagem houve diferença significativa entre a turma experimental e a turma de controle ($p < 0,000$). Acreditamos que a diferença encontrada é proveniente de um maior envolvimento da turma experimental nas atividades propostas mediante a utilização de uma metodologia mais voltada à participação ativa do estudante com a realização de atividades que foram além do modelo aula expositiva, resolução de exercícios e correção dos mesmos.

Tabela 4: Valores das médias ajustadas das questões do pré e pós-teste

Questão	Turma de Controle		Turma Experimental		Valor p*:
	Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão	Diferença entre grupos
1	0,16	0,084	0,36	0,088	0,118
2	0,23	0,086	0,38	0,090	0,222
3	0,20	0,059	0,13	0,062	0,404
4	0,27	0,089	0,61	0,093	0,012
5	0,08	0,065	0,13	0,068	0,574
6	0,08	0,050	0,22	0,052	0,065
7	0,39	0,088	0,74	0,092	0,011
8	0,31	0,099	0,57	0,104	0,083
9	0,14	0,088	0,42	0,92	0,035
10	0,23	0,094	0,38	0,098	0,290

*Há diferença significativa entre os grupos se $p < 0,05$.

Apresentaremos a seguir a análise dos resultados obtidos a partir dos dados apresentados na tabela 4, com os valores relativos aos estudantes que fizeram ambos os testes em ambas as turmas. Analisando os valores na tabela das médias ajustadas referente a cada questão do pré e pós-teste (ver Apêndice A), destacamos os seguintes pontos relevantes:

- 1- Através das questões 1 e 2 buscou-se identificar se o estudante entendia o significado da primeira lei de Newton do movimento em situações em que há movimento de um corpo onde a resultante das forças é nula (questão1) e em situações onde o corpo

encontra-se em movimento retilíneo e uniforme (questão 2). A turma experimental alcançou média maior nas duas questões, no entanto o valor de p , em ambas, foi superior ao parâmetro utilizado, isso indica que após a intervenção, as duas turmas não apresentaram diferença significativa. Esse resultado indica que não foi possível detectar, através das questões propostas no teste, se a utilização da metodologia fez diferença quanto ao propósito de facilitar a aprendizagem da primeira lei de Newton do movimento.

- 2- Nas questões 3, 4, 5, e 6 buscamos indícios que evidenciassem que o estudante seria capaz de valer-se do conhecimento do princípio fundamental da dinâmica para responder questões que envolviam a compreensão do papel da força resultante no movimento de objetos em diversas situações. Nas questões 3, 5 e 6 os estudantes obtiveram médias semelhantes, porém o p com valor maior que o parâmetro indica que não houve diferença significativa entre as duas turmas.

Na análise dos dados relativos a questão 4 obtivemos o valor p menor que o parâmetro, indicando que diferença entre as médias estava relacionada a uma diferença significativa entre os grupos, a que indica que a turma experimental obteve maior número de acertos em relação a turma de controle. Como essa questão estava voltada para o propósito de averiguar se o estudante identificava corretamente a ação da força peso em objetos em queda, acreditamos que a atividade experimental onde o estudante teve a oportunidade de refletir a respeito das causas da subida e da queda do foguete, pode ter sido uma das causas do melhor desempenho da turma experimental nessa questão do teste.

- 3- As questões 7, 8, 9 e 10 envolviam situações onde era preciso aplicar a terceira lei de Newton do movimento levando em consideração diferentes tipos de interação entre corpos. A questão 8 exigia a compreensão da direção do sentido e da intensidade das

forças de ação e reação, numa situação onde há interação gravitacional, no caso de um objeto que caiu na superfície da Terra. Na questão 10 exigia-se a mesma compreensão, porém com forças de ação e reação devido à interação entre dois objetos de tamanho diferente deslocando-se na mesma direção. A diferença entre as médias nas duas questões não foi considerada significativa. Nessas questões o valor de p maior que o parâmetro indica que não houve diferença significativa entre a turma experimental e a turma de controle. O que indica que ambas as turmas compreenderam esses fenômenos da mesma forma.

- 4- O valor de p menor que o parâmetro na questão 7 indica que os estudantes da turma experimental apresentaram um desempenho superior ao da turma de controle quanto a capacidade de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido a interação por contato no caso de um objeto pequeno que colide com outro maior e imóvel.
- 5- Da mesma forma na questão 9, o valor de p indica que a turma de controle teve um desempenho melhor que a turma experimental ao reconhecer a intensidade, a direção e o sentido das forças de ação e reação devido à interação gravitacional entre a Terra e a Lua.

Através da análise quantitativa dos resultados obtidos nos pré e pós-testes percebemos que a turma de controle não obteve um desempenho semelhante ao da turma experimental no que se refere a aspectos referentes à aplicação do princípio da ação e reação. Acreditamos que o melhor desempenho da turma experimental se deva ao fato das atividades experimentais terem possibilitado ao estudante confrontar a sua concepção a respeito das causas movimento do foguete com as concepções cientificamente aceitas, o que nos parece favorecer a compreensão do assunto trabalhado em sala de aula.

4.4. As provas bimestrais

A Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal estabelece que as avaliações com aspectos exclusivamente quantitativos não devem ter valor superior a cinco pontos do total da nota bimestral do estudante. Na escola onde ocorreu o presente estudo essa avaliação dava-se através de uma única prova ao final de cada bimestre letivo. Como a prova bimestral era constituída exclusivamente de questões que versavam sobre as três leis de Newton do movimento, utilizamos os dados referentes ao desempenho dos estudantes nessa modalidade de avaliação no nosso trabalho.

As provas bimestrais (Apêndice H) foram aplicadas para as turmas no final do quarto bimestre letivo de 2007, contendo 10 questões com pontuação de 0,0 (zero) a meio (0,5) ponto por questão. Fizeram a prova 25 estudantes da turma experimental e 28 da turma de controle.

As provas foram aplicadas simultaneamente, ou seja, no mesmo dia e no mesmo horário nas duas turmas, para reduzir a possibilidade de troca de informação entre os estudantes, o que poderia vir a prejudicar os resultados das avaliações, visto que nas duas turmas foram utilizadas as avaliações compostas com mesmas questões. As provas continham 10 questões distribuídas da seguinte forma: 2 questões objetivas de itens falsos e verdadeiros (questões 1 e 2), 4 questões de múltipla escolha com cinco possíveis alternativas para uma única resposta (questões 3, 4, 5 e 6) e 4 questões que exigiam cálculos através da utilização de expressão matemática (questões 7, 8, 9 e 10). Os itens da questão 1 eram referentes à idéia de força. A questão 2 bem como as questões 4 e 5 versavam sobre o princípio da inércia. As

questões 3 e 6 eram voltadas para o princípio da ação e reação. As questões que exigiam cálculos referiam-se ao princípio fundamental da dinâmica.

Os resultados mostrados na tabela 5 a seguir, foram obtidos através do número de acertos por questão na provas bimestral de ambas as turmas.

Tabela 5: Percentual de acerto na prova da turma experimental (22 estudantes)

Questões	Respostas dos estudantes				Percentual de acertos (%)
	Correta	Parcialmente Correta	Incorreta	Sem resposta	
1	2	20	0	0	9,09
2	8	14	0	0	36,36
3	1	-	21	-	4,54
4	14	-	8	-	63,63
5	16	-	6	-	72,72
6	19	-	3	-	86,36
7	9	-	7	6	40,90
8	6	-	4	12	27,27
9	5	-	5	11	22,72
10	0	-	5	17	0

Tabela 6: Percentual de acerto na prova da turma de controle (24 estudantes).

Respostas dos estudantes					
Questões	Correta	Parcialmente Correta	Incorreta	Sem resposta	Percentual de acertos (%)
1	3	21	0	0	12,5
2	1	22	1	0	4,16
3	1	-	23	-	4,16
4	6	-	18	-	25
5	9	-	15	-	37,5
6	5	-	19	-	20,83
7	4	-	12	8	16,66
8	5	-	4	15	20,83
9	2	-	6	16	8,33
10	0	-	3	21	0

A análise dos resultados da prova bimestral (Apêndice H) nos permitiu destacar os seguintes pontos:

- 1) A turma de controle obteve um percentual de acertos superior ao da turma experimental somente em uma questão (questão1) da prova.
- 2) Em todas as questões que se referiam à primeira lei de Newton do movimento, a turma experimental alcançou percentual superior ao da turma de controle.
- 3) O percentual de acertos da questão 3 (princípio da ação e reação) foi praticamente o mesmo nas duas turmas.

- 4) Os estudantes da turma experimental obtiveram cerca de 4 vezes mais acertos na questão 6 (princípio da ação e reação) que os estudantes da turma de controle.
- 5) Na questão 7, que exigia cálculos, o percentual de acertos da turma experimental foi superior ao dobro da turma de controle.
- 6) O percentual de acertos de ambas as turmas foram próximos na questão 8.
- 7) Um grande percentual de estudantes de ambas as turmas não responderam a questão 10 e os que a responderam não acertaram.

A questão 1 foi composta por 5 itens para serem julgados como verdadeiro ou falso. Dessa forma, ela somente era considerada totalmente correta quando todos os itens eram marcados corretamente. Acreditamos que esse tipo de questão favorece a marcação aleatória, o que pode ter interferido no resultado apresentado através dessa questão.

O fato dos dois grupos terem errado a questão 3 pode estar relacionado à falta de uma perfeita compreensão das forças de interação entre o bloco, a mesa e a Terra (gravidade). Geralmente quando uma questão envolve interação entre dois corpos a análise é melhor compreendida. Quando existe três ou mais corpos, existe uma maior dificuldade de compreensão de todas as interações existentes.

A grande quantidade de omissão de resposta observada nas duas turmas na questão 10 pode estar ligada ao fato de esta questão ser de um tipo que exigia um pouco mais de trabalho através de expressões matemáticas dentro das leis de Newton do movimento e, como a maior parte dos estudantes da turma já possuía nota suficiente para ser aprovado, isto pode ter gerado em ambas as turmas uma certa indisposição que os levou a não tentar resolver a questão.

Apesar dos comentários anteriores, os pontos citados em relação ao desempenho das duas turmas nos leva a crer que a utilização das atividades experimentais associada a uma metodologia de ensino diferenciada, pode ter sido uma das causas do melhor desempenho dos estudantes da turma experimental na avaliação bimestral. Percebemos que as atividades oferecidas a essa turma levaram os estudantes a estarem mais envolvidos no processo de construção do seu conhecimento sobre as leis de Newton do movimento.

4.5. O questionário opinativo

Foi aplicado um questionário opinativo (Apêndice G) cuja finalidade era de buscar as impressões dos estudantes em relação às aulas que aconteceram durante a realização dessa pesquisa. Todos os estudantes da turma experimental responderam ao questionário, cujo comentário será apresentado a seguir:

- 1- Quando perguntados sobre se as aulas estimularam o seu interesse pela matéria, 53,8% dos estudantes afirmaram que as aulas sempre estimularam o seu interesse, aproximadamente 42,3% afirmaram que às vezes se sentiam estimulados e somente 3,8% afirmaram que nunca se sentiram estimulados nas aulas.
- 2- Em relação à forma como o conteúdo foi explorado em sala de aula, 92,3% afirmaram que o conteúdo foi apresentado de forma clara e somente 8% da marcaram a alternativa negativa em relação a esse tópico.
- 3- Aproximadamente 92% dos estudantes afirmaram que durante a realização das aulas houve oportunidade para esclarecimento das dúvidas que iam surgindo.

- 4- 80% dos estudantes afirmaram que as atividades sempre eram motivadoras, 15,4% indicaram às vezes e 4% afirmaram que as aulas nunca foram motivadoras.
- 5- 63% afirmaram que sempre percebiam a oportunidade de aliar a teoria presente no que estavam estudando com algo presente do seu dia-dia e aproximadamente 37% afirmaram que isso acontecia às vezes.
- 6- 63% dos estudantes afirmaram que a utilização das atividades experimentais despertou o seu interesse em estudar Física, 30% afirmaram que esse tipo de atividade não fazia diferença em relação ao seu interesse em estudar essa disciplina e 7% não se posicionaram em relação a essa pergunta.
- 7- Aproximadamente 89% dos estudantes demonstraram acreditar que, de um modo geral, o uso de atividades experimentais facilita a aprendizagem e 11% não se posicionaram quanto a essa questão.
- 8- Aproximadamente 85% dos estudantes demonstram acreditar que os experimentos deveriam ser utilizados na abordagem de outros assuntos de Física.
- 9- Aproximadamente 96% dos estudantes demonstraram acreditar que a construção e o lançamento dos mini-foguetes foram úteis para facilitar a aprendizagem das leis de Newton do movimento e somente 4% afirmaram que não acreditam na facilitação da aprendizagem.

Além disso, nessa questão do questionário opinativo foi solicitado que eles se posicionassem em relação a opção escolhida, justificando sua resposta. Transcrevemos abaixo as justificativas a essa questão que julgamos relevantes:

-“A aula se torna mais dinâmica e ajuda a compreender o conteúdo.”

-“A aula torna-se mais interessante... é diferente”.

-“Ficou bem mais fácil entender o assunto.”

-“Despertou o nosso interesse porque deixa a aula mais dinâmica.”

-“Porque saímos da sala e ficamos mais animados.”

-“Porque fazer foguete é interessante.”

-“O lançamento mostra com mais clareza o assunto que foi visto em sala.”

-“Fizeram os estudantes participarem mais das aulas.”

O resultado do teste opinativo bem como os posicionamentos acima citados, vão de encontro com as nossas impressões, durante a realização dessa pesquisa percebemos que a maior parte da turma experimental encontrava-se entusiasmada e motivada, o que nos leva a crer que, nesse caso particular, a atividade experimental foi muito além da função de mostrar na prática um determinado fenômeno físico; ela contribuiu de forma decisiva para gerar no estudante a pré-disposição em aprender o conteúdo.

5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O uso de atividades experimentais com materiais de baixo custo tem proporcionado benefícios ao ensino de Física na escola básica, em particular no que se refere aos aspectos ligados à motivação e à facilitação da aprendizagem.

Durante a realização desse trabalho notamos que os estudantes da turma experimental estavam motivados e interessados durante a realização das atividades que envolviam a utilização dos mini-foguetes. Observamos que o uso do experimento proporcionou um trabalho pedagógico através de uma situação que estava inserida no universo vivencial dos estudantes, visto que cada grupo construiu e lançou o seu próprio foguete. Além disso, os estudantes da turma se envolveram nas discussões que sucediam e precediam as atividades experimentais. Dessa forma constatamos que essa proposta de trabalho ofereceu oportunidade aos estudantes de trabalhar de forma ativa na construção do seu próprio conhecimento, na medida em que, durante as discussões, podemos observar que eles se envolviam na busca por resposta para as questões propostas tendo por base o seu conhecimento prévio.

Além das nossas impressões buscamos evidências através dos resultados das avaliações e dos testes que mostrassem a utilização dos mini-foguetes como uma estratégia eficiente para propiciar a aprendizagem das leis de Newton do movimento. Pelos resultados do nosso estudo, acreditamos que houve aprendizagem significativa na turma experimental, uma vez que a atividade de construção e de lançamento de mini-foguetes geraram nos estudantes a disposição para aprender o conteúdo, conforme o demonstrado através do questionário opinativo. Além disso, através da análise comparativa dos resultados obtidos

pelas turmas nos testes e na prova bimestral observamos que o desempenho da turma de experimental foi superior ao da turma de controle.

Isso nos leva a afirmar que a inserção de atividades experimentais com materiais de baixo custo nas aulas de Física se caracteriza como um recurso capaz de facilitar a aprendizagem do conteúdo, desde que tais atividades não venham a ser somente atrativas, mas também cuidadosamente planejadas pelo professor com o objetivo de propiciar o aprendizado do assunto em questão. Ao professor cabe propiciar situações que envolvam o estudante na busca de respostas para questões que possam dar sentido ao assunto tratado nas aulas. Para isso, é indispensável que o professor exerça o papel de mediador entre o estudante e o conhecimento que precisa ser adquirido, norteando o processo de solução das situações propostas, levando em consideração a estrutura do assunto e utilizando o conhecimento prévio do estudante.

Como afirmamos anteriormente, observamos que a ausência da atividade experimental não se caracteriza como a única causa das dificuldades de aprendizagem de Física em nível médio. Durante a realização deste trabalho nos deparamos com dificuldades relacionadas à estrutura da escola e em relação à carga horária que nos prejudicou quanto à execução das atividades planejadas. No entanto, através dos resultados obtidos, podemos observar que a atividade experimental pode em muito contribuir na melhoria da qualidade de ensino de Física nesse nível de escolaridade. Por essa razão o produto educacional desse trabalho consiste de um material direcionado ao professor composto da descrição do planejamento das aulas, do material utilizado pelos estudantes, de um modelo de teste opinativo, e de um teste com questões cuja função é identificar as concepções a respeito das leis de Newton do movimento.

Ao longo do planejamento e da realização das atividades percebemos que a estratégia de ensino aqui apresentada pode ser aplicada a outros assuntos no ensino médio. Concordamos com SOUZA (2007) quando afirma que a Física envolvida no lançamento de foguetes, fabricados com garrafas de refrigerante, nos permite abordar uma grande variedade de fenômenos físicos.

Temos interesse em ampliar os dados dessa pesquisa através da continuidade do uso da proposta de ensino aqui apresentada em sala de aula quando da abordagem de outros temas da Física em nível médio. Esperamos com esse trabalho e a sua continuidade contribuir para a melhora do ensino de Física. Concluimos com a certeza de que a proposta aqui apresentada pode ser aprimorada através da contribuição daqueles que se dedicam ao propósito de mostrar aos estudantes da educação básica a beleza presente nos fenômenos físicos sem, deixar de lado os cuidados em relação aos aspectos metodológicos que envolvem o ensino da Física.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*, Tradução de Eva Nick et al. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

ALMEIDA, M. J. P. M. de; SILVA, H. C. da; BABICHAK, C. C. O movimento, a mecânica e a Física do ensino médio. *Revista brasileira de ensino de Física*, v.21, n.1, p. 195-201, março, 1999.

AXT, R. Para as suas aulas de cinemática: O volante, um móvel bem comportado. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.21, edição especial, p.59-68, nov., 2004.

AXT, R.; BONADIMAN, H.; SILVEIRA, F. L. O Uso de “espirais” de encadernação como molas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.27, n.4, p.593-597, dez., 2005.

BAGNATO, V. S.; MARCASSA, L. G. Demonstração da Inércia através do bloco suspenso. *Revista brasileira de ensino de Física*, v.19, n.3, p. 364-366, set., 1997.

BERMAN, B. Energia à vontade. *Astronomy Brasil*. Vol. 2, número 13, p.10, maio, 2007.

BIANCHI, I.; ALVES FILHO, J. P. Pêndulo balístico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.21, edição especial, p.82-87, Nov., 2004.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v.19, n.3, dez., p.291-3113, 2002.

CAMPOS, L. Z. S.; SABA, M. M. F. Clipeão: Um pião feito com cliques de papel. *A Física na Escola*, v.7, n.1, p.35, maio, 2006.

CANALLE, J. B. G.; MOURA, R. Demonstre em aula: duplo cone, quádrupla finalidade. *Caderno Catarinense de Ensino de física*, v.15, n.3, p.323-327, dez., 1998.

CATELLI, F.; PEZZINI, S. Faça você mesmo: A água não derrama. *A Física na Escola*, v.2, n.2, p.18, out., 2001.

CHERNIKOFF, R. E; RUBIO, L. A.; CÁCERES, R. E.; RODRÍGUES, O. J. Sensillo Dispositivo Para Determinar La Posicion Del Centro de Massa Del um Sistema. *Caderno Catarinense de Ensino de física*, v.18, n.1, p.52-55, abril, 2001.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia usando SPSS para Windows. Porto Alegre. Editora Artmed, 2006.

FERNANDES, B. C.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, M. C. Onde está o atrito? Discussão de dois experimentos que exemplificariam a Lei da Inércia. *Física na Escola*, v.6, n.2, p.17- 19, out., 2005.

FERRAZ NETO, L. Faça você mesmo: Movimento do centro de massa. *A Física na Escola*, v.2, n.2, p.9, out., 2001.

- GASPAR, A. Física, volume único. São Paulo. Editora Ática, 2007.
- LABURÚ, C. E.; DOMINGOS JÚNIOR, J. B.; FERREIRA, N. C. Densímetro de baixo custo. A Física na Escola, v.3, n.1, p.15-16, maio, 2002.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Determinação da pressão interna de uma lâmpada fluorescente (um experimento de baixo custo). Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.21, n.2, p.249-257, ago., 2004.
- LABURÚ, C. E.; ALMEIDA, C. J. A. Lei de Hooke: Uma comparação entre sistemas lineares. Caderno Catarinense de Ensino de física, v.15, n.1, p.71-81, abril, 1998.
- LAVILLE C. e DIONNE J. (1999). Trad. De Heloísa Monteiro e Francisco Settineri A Construção do Saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas.. Porto Alegre. Editora Artes Médicas Sul Ltda.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.
- LOPES, D. P. M.; STEIN-BARANA, A. C. M.; BORTOLIN, L. R. M.; BORTOLIN, J. R. M. Re- editando o trem de Galileu: Uma versão economicamente viável. Caderno brasileiro de Ensino de Física, v.24, n.1, p.54-63, abril, 2007.
- MORAES, A. M.; MORAES, J. A avaliação conceitual de força e movimento. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.22, n.2, p. 232-243, junho, 2000.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel. São Paulo. Editora Moraes, 1982.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa. Brasília. Editora Universidade de Brasília, 1999.
- MOREIRA, M. A. Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos. Universidade do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Porto Alegre. 2003. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>
- MOREIRA, M. A. A Teoria da Aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília. Editora Universidade de Brasília, 2006.
- NOGUEIRA, J. S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J. M.; PAULO, S. R. Utilização do computador como instrumento de ensino: Uma perspectiva de aprendizagem significativa. Revista brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 4, p.517 – 522, dez., 2000.
- OLIVEIRA, L. D. Aprendendo Física com o Homem - Aranha: Utilizando cenas do filme para discutir conceitos de Física no ensino médio. A Física na Escola, v.7, n.2, p.79- 83, out., 2006.
- OLIVEIRA, J.; PANZERA A. C.; GOMES A. E. Q.; TAVARES L.; Medição de tempo de reação como fator de motivação e de aprendizagem significativa no laboratório de física. Caderno Catarinense de Ensino de Física (atual Caderno Brasileiro de Ensino de Física), v. 15, n.3, p. 301 – 307, dez., 1998.
- PIMENTEL, J. R.; YAMAMURA, P. Um ludião que funciona. A Física na Escola, v.7, n.1, p.34, maio, 2006.
- RICETTI, R. Construindo um densímetro de baixo custo. . Revista Brasileira de Ensino de Física, v.24, n.3, p.371-373, setembro, 2002.

- SABA, M. M. F. SILVA, B. B.; PAULA, P. R. J. Micro-gravidade em sala de aula. *A Física na Escola*, v.1, n.1, p.15-17, out., 2000.
- SABA, M. M. F.; SILVA, F. J. F.; SOUZA, F. C. A física de um canhão de batatas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.21, n.1, p.85-90, março, 1999.
- SARAIVA-NEVES M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do ensino experimental, na aprendizagem de física, em sala de aula – um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.11, n.3, p.383 -401, dez., 2006.
- SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias, Barcelona*, v.10, n. 2, p. 187-194, 1992.
- SOUZA, J. A. Um foguete de garrafa PET. *A Física na Escola*, v.8, n.2, p.4-11, out., 2007.
- STUDART, N.; DAHMEN, S. R. A Física do vôo na sala de aula. *Física na Escola*, v.7, n.2, p.36- 42, out., 2006.
- TAVEIRA, A. M. A.; BARREIRO, A. C. M.; BAGNATO, V. S. Simples demonstração de projéteis em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.21, edição especial. p.76-81, Nov., 2004.
- TALIN, S. L. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. *Caderno Catarinense de Ensino de Física (atual Caderno Brasileiro de Ensino de Física)*, v. 16, n.2, p.141 – 153, ago., 1998.
- ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Produção de sentido e possibilidades de mediação na Física do ensino médio. *Leitura de um livro sobre Isaac Newton. Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.3, p. 437-446, set., 2007.

APÊNDICES

Apêndice A – Pré e pós teste.

Teste sobre as concepções a respeito das três leis de Newton.

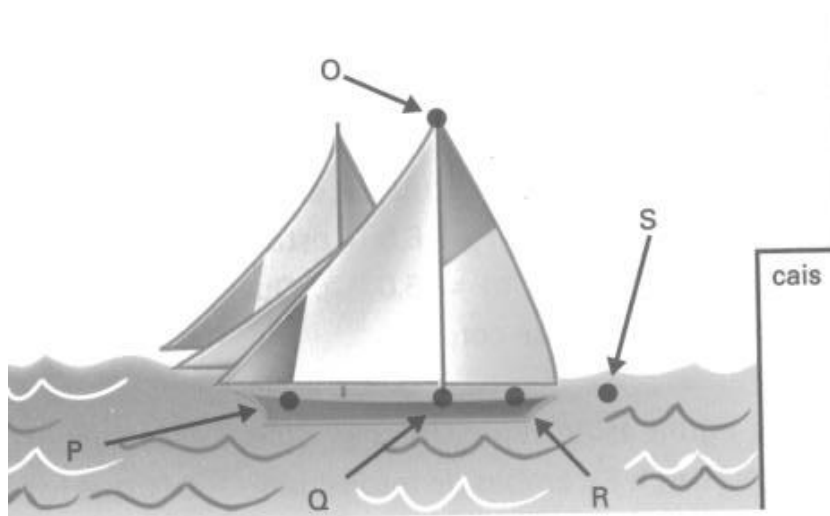
INSTRUÇÕES:

1. Este teste consta de 10 questões, confira se ele está completo.
2. Em cada uma das questões escolha apenas uma alternativa.

QUESTÕES

- 1- É comum, em filmes de ficção científica, que naves espaciais, mesmo quando longe de qualquer planeta ou estrela, permaneçam com os motores ligados durante todo o tempo de percurso da viagem. Marque a alternativa que você considera correta. Pois esse fato:
 - a) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a velocidade da nave diminuirá com o tempo até parar.
 - b) Se justifica, pois para que qualquer objeto se mova, é necessária a ação de uma força sobre ele.
 - c) Se justifica, pois se os motores forem desligados, a nave será desviada, de forma gradativa, de sua rota.
 - d) Não se justifica, pois, uma vez colocada no seu rumo, a nave seguirá até o destino com velocidade constante.

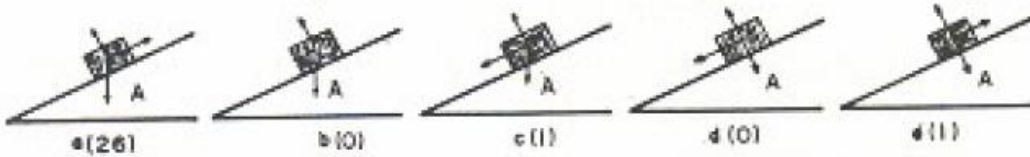
- 2- A figura abaixo representa um barco atracado no cais.



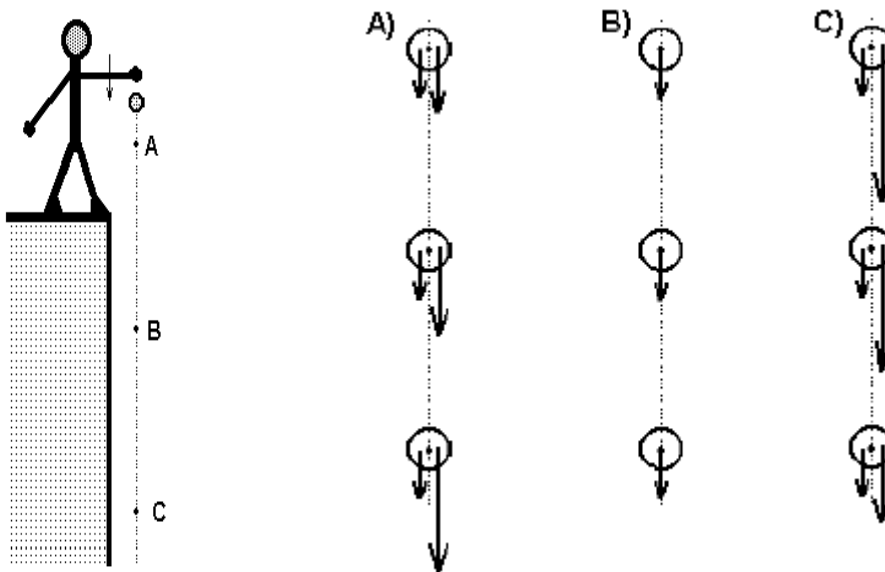
Deixa-se cair uma bola de chumbo do alto do mastro – ponto **O**. Nesse caso ela cairá, ao pé do mastro – ponto **Q**. Se essa mesma bola for abandonada do mesmo ponto **O** quando o barco estiver se afastando do cais com velocidade constante, ela cairá no seguinte ponto da figura.

- a) P
- b) Q
- c) R
- d) S

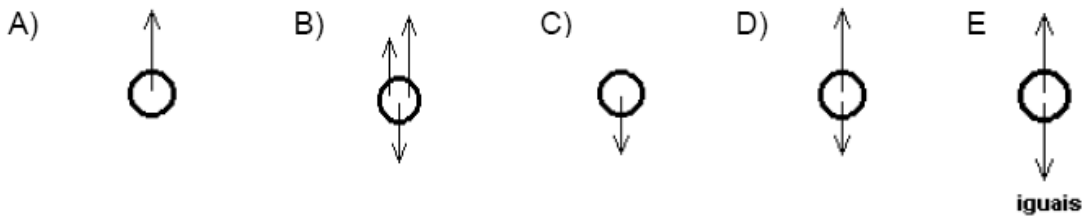
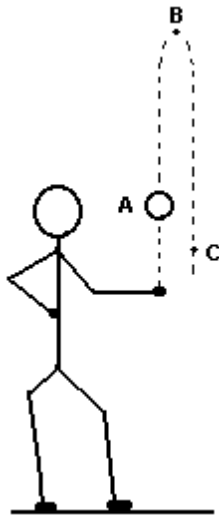
3- Um bloco é jogado de baixo para cima ao longo de um plano inclinado liso. Marque a opção que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre ele, ao passar pelo ponto A, ainda subindo. Despreze o atrito.



4- A figura se refere a um indivíduo que, do topo de uma torre, arremessa para baixo uma bola. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola **após** o arremesso. É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola. As setas nos esquemas seguintes simbolizam as forças exercidas sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas seguintes melhor representa a (s) força(s) sobre a bola?



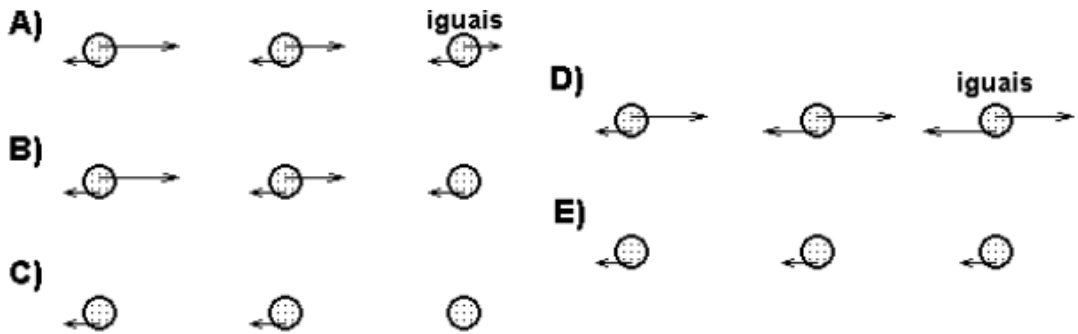
5- Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento. É desprezível a força resistiva do ar na bola. No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a (s) força(s) exercida(s) pela bola?



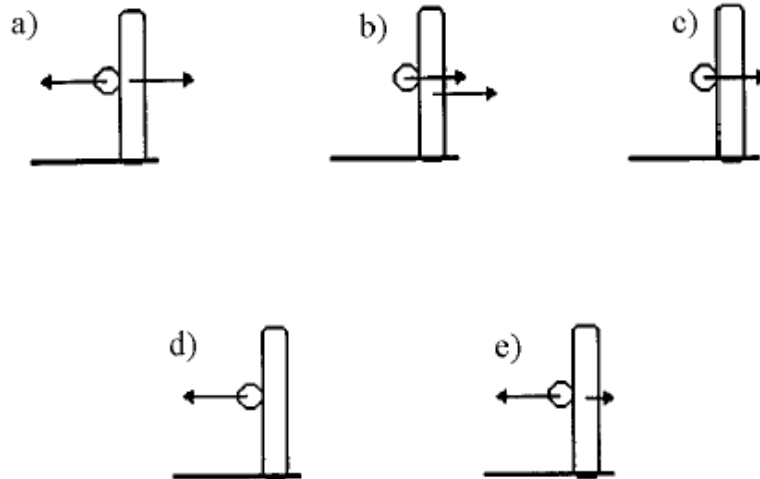
6- A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A e B são pontos da trajetória da bola após o lançamento, quando a bola já está rolando; no ponto C a bola está finalmente em repouso.



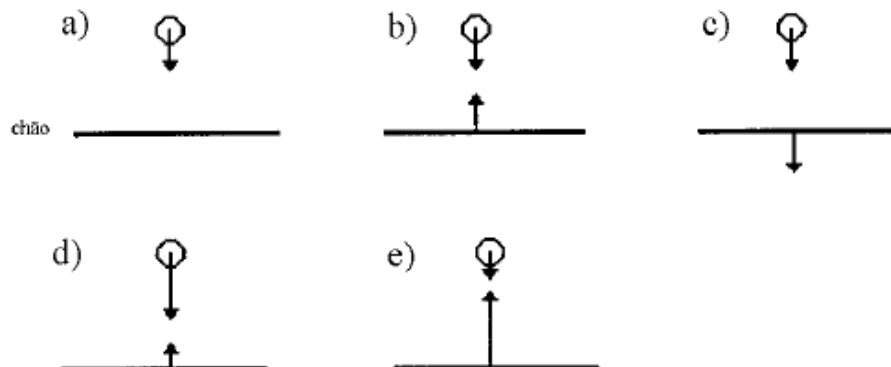
As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a (s) força(s) sobre a bola?



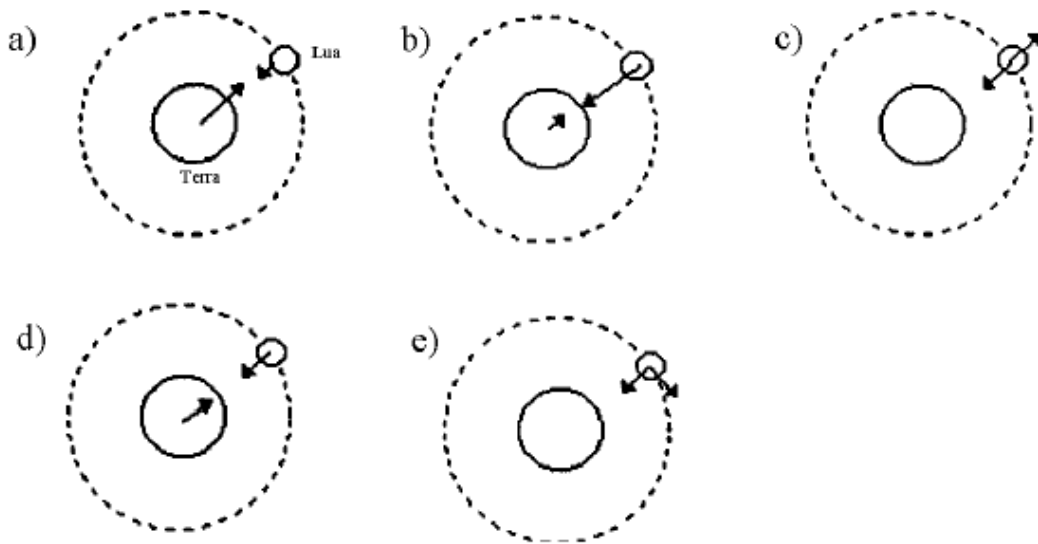
7- Uma bola de tênis é arremessada contra uma parede. Nas alternativas abaixo, escolha aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema, durante a colisão, devido apenas à interação entre a bola e a parede.



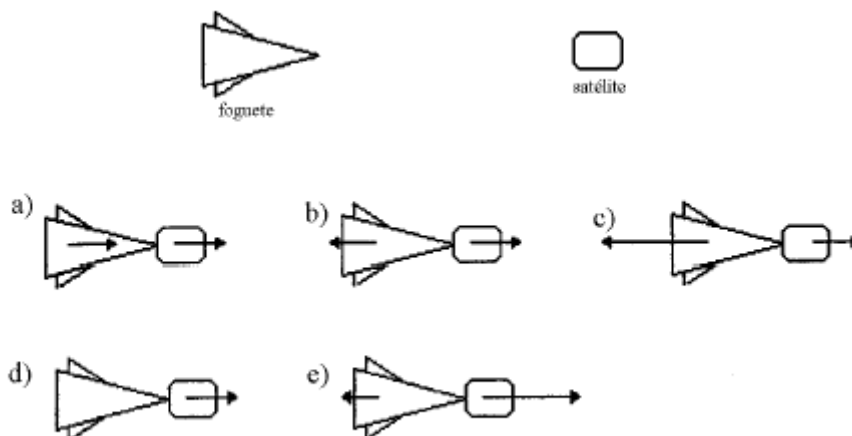
8- Considere uma pedra caindo próxima à superfície da Terra. Das opções abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema pedra-Terra. Despreze o atrito com o ar.



- 9- Considere a lua girando em torno da Terra em movimento circular e uniforme e em sentido horário. Das opções abaixo, assinale aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na Terra e na Lua devido apenas a interação entre estes dois corpos.



- 10- Um foguete está empurrando um satélite danificado que se perdeu no espaço. Marque a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atuam no foguete e no satélite devido apenas à interação entre os dois (direção e sentido do movimento).



Gabarito

1.D; 2.B; 3.B; 4.B; 5.C; 6.C; 7.A; 8.B; 9.D; 10.B.

Apêndice B – Texto de apoio da turma experimental

Centro Educacional 05 de Taguatinga

Estudante:.....nº:.....

Leis de Newton

Estivemos estudando os movimentos sem a preocupação com as suas causas. No estudo da dinâmica, procuraremos responder a perguntas como: o que provoca o movimento? É preciso existir algo para manter o movimento? Quais são as causas das variações observadas em um movimento?

O físico e matemático Isaac Newton (1642-1727), utilizando suas observações e baseado no conhecimento construído por aqueles que o antecederam, formulou três princípios que são fundamentais para responder a as questões acima e tantas outras relacionadas aos movimentos.

A ciência da construção de foguetes é fundada nos princípios físicos descritos por Newton. São esses três princípios que governam o movimento de todos os objetos, na Terra ou no espaço. Sabendo esses princípios, agora chamados de Leis do Movimento de Newton, os construtores de foguetes tornaram-se capazes de construir os modernos foguetes atuais.

As três leis de Newton são os pilares da Mecânica e foram enunciadas na Famosa obra de Newton, “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, publicada em 1686.

A PRIMEIRA LEI DE NEWTON

Ao estruturar os princípios da Mecânica, Newton se baseou em estudos de grandes físicos que o precederam, entre eles Galileu. Assim, a Primeira lei de Newton não é nada menos do que a síntese das idéias de Galileu.

As experiências de Galileu o levaram a atribuir a todos os corpos uma propriedade, denominada inércia, a qual demonstra que se um corpo estiver em repouso, ele por inércia

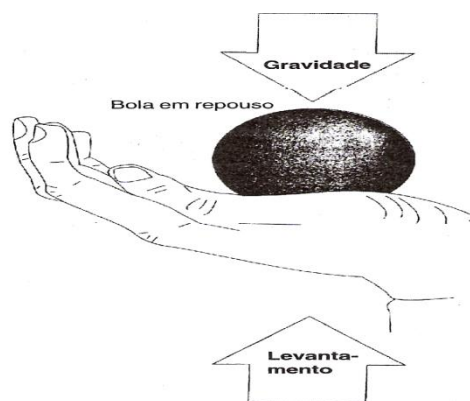
tende a continuar nesse estado e só sob a ação de uma força é que ele poderá mudar seu estado de movimento ou de repouso. Se um corpo estiver em movimento, sem que nenhuma força atue sobre ele, o corpo tende, por inércia, a se mover em linha reta com velocidade constante. Assim, será necessária uma força para aumentar ou diminuir sua velocidade ou para fazê-lo desviar-se para um lado ou para outro lado.

LEI DA INÉRCIA

Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.

DESEQUILÍBRIO DE FORÇAS

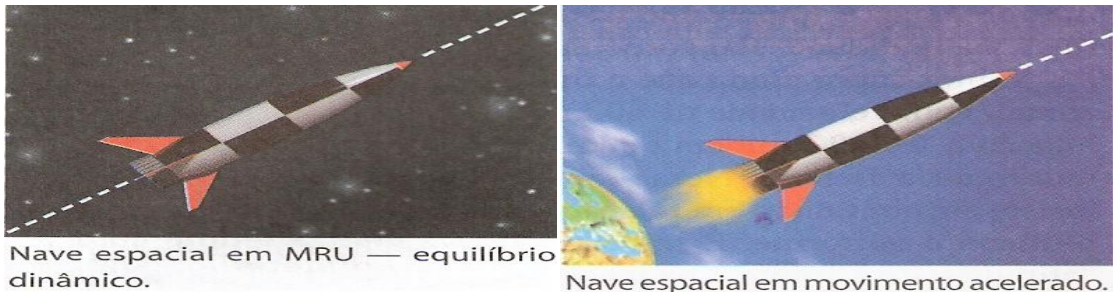
Se você segurar uma bola em sua mão e a mantém parada, a bola estará em repouso todo tempo em que ela estiver lá. Apesar disso, ela estará sob a ação de forças. A força da gravidade está tentando puxá-la para o centro da Terra, enquanto que a sua mão está fazendo força para cima para mantê-la no mesmo lugar. As forças agindo na bola estão equilibradas. Se deixar a bola cair, ou mover sua mão para cima, as forças ficarão desequilibradas. A bola sai de um estado de repouso para um estado de movimento.



No vôo do foguete, as forças tornam-se equilibradas e desequilibradas todo o tempo. Um foguete na base de lançamento está equilibrado. A superfície da base o empurra para cima enquanto a gravidade o puxa para baixo. Quando os motores são ligados, existe uma força

chamada empuxo que provoca o desequilíbrio e ele vai para cima. Quando o combustível acabar, a sua velocidade vai diminuindo, até que ele pára no ponto mais alto da sua trajetória e cai de volta a Terra.

No espaço o foguete também reage a forças. Um foguete viajando através do sistema solar estará em movimento constante. Ele viajará em linha reta se as forças sobre ele estiverem equilibradas. Isso acontece somente quando o foguete encontra-se bem longe das forças gravitacionais da Terra ou de outros planetas e de suas luas. Se ele se aproximar de um corpo muito grande no espaço, a gravidade desse corpo irá desequilibrar as forças e alterar a trajetória do foguete.



Nave espacial em MRU — equilíbrio dinâmico.

Nave espacial em movimento acelerado.

Resumindo, para que um objeto como um foguete fique em repouso será necessário que as forças que agem sobre ele estejam em equilíbrio e para que ele se mova é necessário que as forças que atua sobre ele estejam em desequilíbrio assim:

Quando um objeto encontra-se em repouso em relação a um dado referencial, dizemos que ele se encontra em equilíbrio estático e quando ele se encontra em movimento retilíneo e uniforme em relação a um dado referencial, dizemos que ele se encontra em equilíbrio dinâmico.

A TERCEIRA LEI DE NEWTON

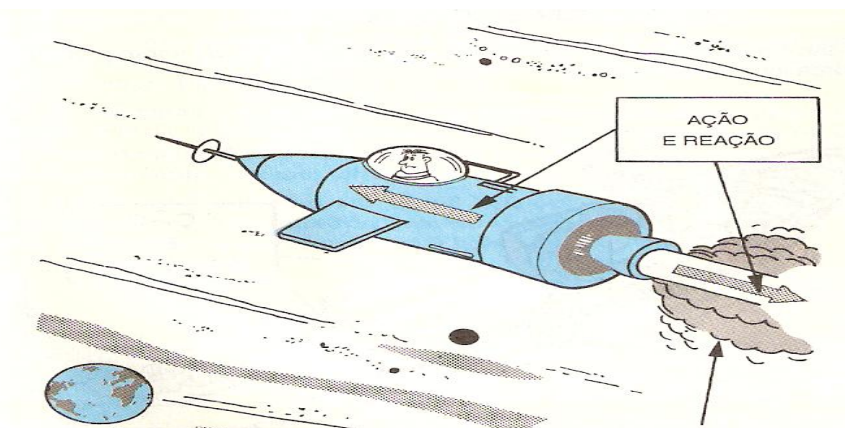
Por enquanto deixaremos a segunda lei de Newton e iremos direto para terceira lei de Newton. Essa lei afirma que toda ação tem uma reação na mesma direção e em sentido oposto. Elas são sempre aplicadas em corpos diferentes e por isso nunca se equilibram.

O Princípio da Ação e Reação pode ser enunciado de seguinte maneira:

A toda força de ação corresponde uma de reação, de modo que essas forças têm sempre a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos opostos, estando aplicadas em corpos diferentes.

Um foguete pode subir de uma base de lançamento somente quando solta o gás de seu motor. O foguete empurra o gás, e o gás, por sua vez empurra o foguete. O processo todo é muito semelhante com andar de skate. Imagine que o skate e um menino estejam em repouso. O menino pula para fora do skate, na terceira lei esse pulo pode ser considerada a ação. O skate responde a essa ação andando certa distância no sentido oposto. O movimento oposto do skate, nessa situação, é a reação. Se formos comparar as distâncias percorridas pelo menino e pelo skate, parecerá que o skate teve uma reação muito maior do que a ação do menino. O que não é verdadeiro.

Com foguetes, a ação se dá devido à liberação do gás para fora do motor. O movimento do foguete na direção oposta se dá devido à reação. Para que um foguete possa sair da base de lançamento, a ação, ou o empuxo do motor, deve ser maior do que o peso do foguete. Enquanto está na base, a força peso que atua no foguete está equilibrada pela força do solo que o empurra para cima. Quando o empuxo é maior do que a força peso ocorre o desequilíbrio que provoca o movimento ascendente do foguete.



Uma das perguntas mais comuns sobre foguetes é como eles funcionam no espaço, onde não há ar contra o qual eles possam exercer força. Essa questão pode ser respondida através da terceira lei de Newton, utilizando o exemplo do skate. No chão o único papel do ar no movimento do skate é diminuir sua velocidade. O movimento do ar causa atrito, ou como os cientistas falam, causa arrasto. O ar nesse caso dificulta o movimento.

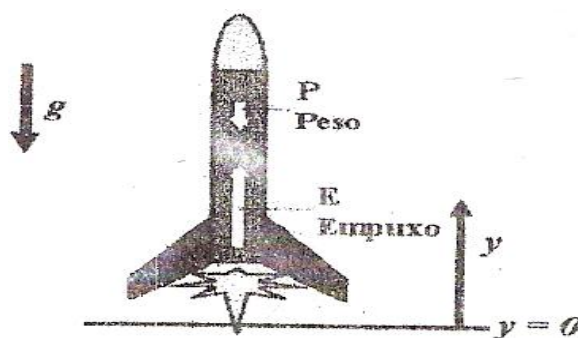
O resultado é que os foguetes na verdade funcionam melhor no espaço do que no ar. À medida que o gás de exaustão sai do motor, ele tem de empurrar o ar que está em volta; isso gasta um pouco de energia do foguete. No espaço, os gases de exaustão podem escapar livremente.

SEGUNDA LEI DE NEWTON

Vimos, estudando o Princípio da Inércia que, se a resultante das forças que atuam em um corpo for nula, este corpo estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Em qualquer destas situações, a aceleração do corpo é nula.

Consideremos uma partícula submetida à ação de uma força resultante diferente de zero. Ela experimentará variações na velocidade com o decorrer do tempo, ou seja, ela irá adquirir certa aceleração.

Como já vimos, para que um foguete possa subir é necessário que o empuxo do motor seja maior que o peso do foguete.



Neste caso tem-se que a resultante das forças que agem no foguete é diferente de zero, vertical e dirigida para cima. Qual seria a direção e o sentido da aceleração a que ele está sujeito? A experiência mostra que a aceleração terá a mesma orientação da força resultante, ou seja, será vertical dirigida para cima.

Se a intensidade da força resultante aumentar, verifica-se um aumento proporcional do módulo da aceleração. O foguete experimentará variações maiores de velocidade para um mesmo intervalo de tempo.

Tendo em vista o exposto acima, tem-se o Princípio Fundamental da Dinâmica ou Segunda Lei de Newton:

Se F é a resultante das forças que agem numa partícula, então, em consequência de F , a partícula adquire na mesma direção e no mesmo sentido da força uma aceleração a , cujo módulo é diretamente proporcional à intensidade da força.

A expressão matemática da 2ª Lei de Newton é:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

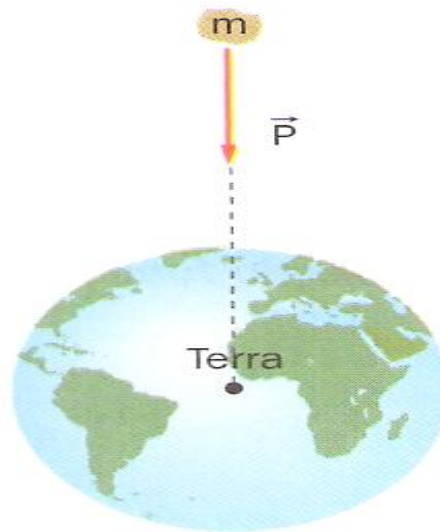
Tem-se dessa maneira que a segunda lei do Movimento de Newton é especialmente útil quando se projeta foguetes eficientes. Para que um foguete possa deixar a Terra e viajar para o espaço sideral, é necessário conseguir uma velocidade acima de 11,2 km/segundo, a chamada de velocidade de escape. Manter as velocidades de vôo requer que o motor do foguete alcance a maior força possível no menor intervalo de tempo. Em outras palavras, o motor precisa queimar uma grande massa de combustível e empurrar o gás resultante para fora do motor o mais rápido possível.

PESO DE UM CORPO

O peso de um corpo é a força de atração da Terra sobre ele. Para obtermos a expressão matemática da força peso, consideremos um objeto de massa “ m ”caindo em queda livre perto da superfície da Terra.

Se o corpo cai em queda livre, possui uma aceleração igual a da gravidade g . Assim, podemos utilizar a 2ª lei de Newton para obter a força que age sobre esse corpo essa força chamada peso P é sempre vertical para baixo é dada por:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$



Embora seja usual se falar em peso de um corpo, podendo isso sugerir que o peso seja uma propriedade “interna” do corpo, como se imaginava antes de Newton, é importante destacar e sempre ter em mente que o peso é uma ação externa: é a força exercida sobre o corpo pela Terra.

A força peso tem a direção vertical e atua no sentido do corpo do centro da Terra. Como a Terra é esférica, em cada ponto da superfície ela tem o sentido para baixo.

A força com que a Terra atrai um corpo – o peso – depende da posição do corpo. Assim, essa força é ligeiramente maior nos pólos que no equador, e diminui com a altitude.

Sendo o peso uma ação externa, é fácil perceber que, em outro planeta (ou na Lua), um corpo poderá ter peso diferente do que na Terra. Você teria muito mais facilidade para pular na Lua, mas suas pernas não suportariam seu peso em Júpiter. Como o peso é uma força, ele é medido em newtons (N).

Bibliografia

Foguetes – Manual do Professor com Atividade de Ciências, Matemática e Tecnologia/ NASA; Traduzido pela Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos: Univap.2001. National Aeronautics and Space Administration.

Apêndice C – O organizador prévio

¹Energia à vontade

Para onde quer que olhemos, vemos energia. Mesmo assim a maioria das pessoas não faz idéia do que seja isso. Einstein escreveu em 1905 que matéria e energia são equivalentes. Uma pode transformar-se na outra.

Os astrônomos juntam massa e energia do Universo como se fosse uma coisa só. A menos que existam outros universos que não conhecemos, esse total de energia é finito. No entanto, não podemos gastá-lo. É que energia nunca é perdida, nem destruída, nem criada. A energia muda de forma, mas nunca diminui, nem um pouquinho.

Digamos que você suba de carro até o topo de uma colina. Depois desça em ponto morto. Você começou liberando a energia química da gasolina que estava armazenada em suas ligações moleculares. A energia que está armazenada à espera de ser liberada é chamada energia potencial. Ao fazer o carro se mover, a energia potencial do combustível se transforma em energia de movimento: energia cinética.

Já acertaram o seu rosto com uma torta de creme? Não machuca muito quando ela é apenas comprimida contra o rosto. Mas pode ser doloroso se a torta for atirada de longe, pois uma torta em movimento tem energia cinética. Qualquer corpo celeste que gire, mova-se ou contenha átomos que se agitam está repleto de energia cinética. A energia cinética está por toda parte.

Quando seu carro subiu a ladeira, na verdade ganhou energia potencial da gravidade. Isso significa que, ao chegar ao topo, você ganhou uma passagem grátis de volta para baixo.

¹ Texto adaptado do artigo de Berman, B. Energia à vontade. Astronomy Brasil. Vol. 2, número 13, p.10, maio, 2007.

Essa passagem nunca expira. A energia potencial gravitacional pode esperar pacientemente por milhões de anos. Mas suponha que você a gaste imediatamente descendo a ladeira em ponto morto, ganhando energia cinética enquanto gasta essa energia potencial gravitacional.

Energia e força parecem coisas semelhantes, mas são diferentes. Algumas forças como a da torta, atuam através do contato direto. Outras, curiosamente, atuam através do espaço vazio. O contato direto não é necessário.

Existem quatro forças fundamentais: a força forte, a força fraca, o eletromagnetismo e a gravidade. A força forte mantém os prótons juntos. O que é uma coisa boa, se você tem apreciação pelo seu corpo e seus átomos. Essa força também mantém intactos os nêutrons. Remova um nêutron do seu átomo, e ele se desfaz em poucos minutos. Deixe-o lá e ele durará uma eternidade.

A força forte só funciona em distâncias curtas da ordem do diâmetro de um núcleo. É por isso que átomos gigantes como o urânio são instáveis. Eles são grandes demais. Onde se encontram os seus prótons mais externos, a força é tão fraca que ocasionalmente se anula, transformando o átomo num elemento diferente. Esses prótons já não formam os elementos como antes.

A força fraca também funciona dentro do átomo e pode induzir a radioatividade. Então vem o eletromagnetismo. O seu alcance é infinito. Essa força maravilhosa faz motores funcionar e cria partículas de luz (fótons). Fótons carregam essa força de um lugar para o outro. Quando você observa qualquer coisa através de um telescópio, o que realmente ocorre é que a luz traz a força eletromagnética de impérios muito distantes e a entrega à sua retina, onde causa reações bioquímicas ou, em uma palavra, a visão. Luz não é apenas o que você vê. É o que faz você ver.

A quarta força, a gravidade, é a mais misteriosa. Ninguém realmente sabe o que ela é. Seu alcance, como o do eletromagnetismo, também é infinito. A gravidade nunca cai a zero. Ela mantém estrelas e galáxias unidas, como também pode destruí-las.

Força e energia. Elas são o coração e a alma da astronomia.

Apêndice D - Questões sobre 1ª lei de Newton

ATIVIDADE: A PRIMEIRA LEI DO MOVIMENTO DE NEWTON

Observe o foguete vazio na base e responda as seguintes questões:

- 1) O foguete encontra-se em movimento ou em repouso em relação ao solo?
- 2) O que o mantém nesse estado?
- 3) O que deve acontecer para que ele mude de estado?
- 4) Em sua opinião, ele é capaz de mudar sua própria velocidade?
- 5) Em sua opinião existe alguma força agindo no foguete neste momento?

Apêndice E - Questões sobre o movimento do foguete

ATIVIDADE: A TERCEIRA LEI DO MOVIMENTO DE NEWTON

Cada grupo deverá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

- 1- O que causa o movimento do foguete?
- 2- Qual o sentido da força que expulsa a água?
- 3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?
- 4- Por que essas forças não se anulam?
- 5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Apêndice F - Atividade sobre segunda lei de Newton

ATIVIDADE: A SEGUNDA LEI DO MOVIMENTO DE NEWTON

Realize a atividade proposta com atenção para garantir um bom resultado do seu trabalho

ATIVIDADES

- 1- Realize dois lançamentos:

No 1º lançamento o foguete deverá voar somente com ar.

No 2º lançamento o foguete deverá voar com água e ar.

Durante o 1º e 2º lançamento cada grupo deverá anotar:
 - a) A distância entre o local de lançamento e o local da queda;
 - b) O ângulo aproximado entre a horizontal e a altura máxima.

- 2- Encontre o valor da tangente do ângulo.

- 3- Utilize as medidas realizadas para calcular o valor da altura do foguete através da equação:

$$\text{Altura} = \text{tangente do ângulo} \times \text{distância}.$$

- 4- Responda as questões abaixo com base nos dados experimentais que o seu grupo obteve.
 - a) Em que situação o foguete alcançou maior altura, com ou sem água?
 - b) Como a água colocada dentro do foguete interfere na altura alcançada?
 - c) Em que situação o foguete lhe pareceu ser mais veloz, com ou sem água?
 - d) Indique três procedimentos que possam melhorar o desempenho do foguete do seu grupo.

Apêndice G – Questionário opinativo da turma experimental

Questionário opinativo

Sexo: Feminino Masculino

Idade: _____ anos

Este questionário tem o objetivo de coletar a sua opinião a respeito das atividades que foram desenvolvidas na sua turma. Por isso peço que responda os questionamentos com seriedade e sinceridade.

- 1) As aulas estimularam o seu interesse pela matéria?
 Sempre Às vezes Nunca
- 2) O professor apresentou o conteúdo com clareza?
 Sempre Às vezes Nunca
- 3) A professora prestou auxílio durante as aulas, esclarecendo dúvidas?
 Sempre Às vezes Nunca
- 4) A professora se mostrou motivada durante as aulas?
 Sempre Às vezes Nunca
- 5) A professora aliou o assunto à atividade experimental?
 Sempre Às vezes Nunca
- 6) As aulas experimentais despertaram o seu interesse em aprender Física?
 Sim Não Dúvida
- 7) Você acredita que a utilização do experimento facilita a aprendizagem de Física?
 Sim Não Dúvida
- 8) Em sua opinião, além das leis de Newton outros assuntos, de Física, deveriam ser ensinados através do uso experimentos?
 Sim Não Dúvida
- 9) Você gostou de estudar Física através da construção e do lançamento dos mini-foguetes?
 Sim Não Dúvida
- 10) Você acredita que a construção e o lançamento dos mini-foguetes foram úteis nas aulas de Física?
 Sim não Dúvida
- 11) Caso sua resposta seja sim ou não, cite pelo menos dois motivos para justificar sua resposta:
.....
.....
.....

Apêndice H – Prova bimestral

NOME.....SÉRIE/TURMA:.....Nº.....

DISCIPLINA: FÍSICA PROFESSOR(A):.....DATA...../...../.....

AVALIAÇÃO BIMESTRAL

O.B. S: Não rasure e não utilize corretivo.

Os cálculos devem constar na prova.

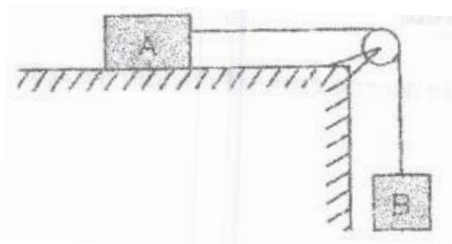
As respostas devem estar escritas à caneta azul ou preta.

- 1) O conceito de força está ligado, em nossa mente, à idéia de esforço muscular. No entanto, podemos obter forças sem usar os músculos. Podemos mover um pedaço de ferro aproximando-lhe um ímã, ou simplesmente deixando-o cair, de modo que ele possa se mover atraído pela Terra.
Julgue as afirmações abaixo com “V” para a(s) verdadeira(s) ou “F” para a(s) Falsa(s).
 É possível que um corpo permaneça em repouso, enquanto está sendo empurrado por uma força externa.
 Para mudar o movimento de um corpo é necessário aplicar uma ou mais forças sobre este corpo.
 É possível encontrarmos forças que se manifestam sem a necessidade de haver contato entre os corpos que interagem; um exemplo é a força magnética de um ímã sobre um prego.
 o peso de um corpo é uma força.
 Há forças que só se manifestam se houver contato entre os corpos que interagem: um exemplo é a força de atrito entre duas superfícies.
- 2) A nossa experiência diária de empurrar cadeiras, mesas, e outras coisas parece-nos indicar que para manter um objeto em movimento é preciso manter sobre ele uma força resultante não nula. Esta era a opinião de Aristóteles, segundo o qual o estado natural de corpo era somente o repouso. Baseando-se em diversas observações, Galileu Galilei introduziu a idéia de que o estado o estado natural de um corpo não era apenas o repouso, mas também o movimento retilíneo uniforme. Segundo esse sábio, um objeto uma vez colocado em movimento em um plano horizontal, tende a manter a sua velocidade constante, desde que não exista atrito.
 Essa idéia apresentada por Galileu é a lei conhecida como Princípio da Inércia ou Primeira Lei de Newton
- Julgue as afirmações abaixo com “V” para a(s) verdadeira(s) ou “F” para a(s) Falsa(s).**
 Segundo Aristóteles, não é necessário a atuação de uma força para se manter um objeto em movimento retilíneo uniforme.
 Quando sobre um corpo são exercidas diversas forças cuja resultante é zero, ele está necessariamente em repouso.
 Segundo Aristóteles, o movimento retilíneo e uniforme não é um estado natural de um corpo.
 Um bloco está em movimento retilíneo e uniforme sobre uma mesa lisa. Em certo instante, alguém aplica uma força no mesmo sentido do movimento. O bloco passa a descrever o movimento acelerado.
 O repouso de um corpo só ocorre quando não há nenhuma força agindo sobre ele.
- Nas questões 3, 4,5 e 6 marque apenas uma alternativa correta**
- 3) Um bloco está em repouso sobre a superfície de uma mesa. De acordo com o Princípio da ação e da reação de Newton, a reação ao peso do bloco é:
- A força que o bloco exerce sobre a mesa.
 - A força que a Terra exerce sobre o bloco.
 - A força que a mesa exerce sobre o bloco.
 - A força que o bloco exerce sobre a Terra.
 - Uma outra força aplicada ao bloco.

- 4) Uma nave espacial é capaz de fazer todo o percurso da viagem, após o lançamento, com os foguetes desligados (exceto para pequenas correções de curso); desloca-se à custa apenas do impulso inicial da largada da atmosfera. Esse fato ilustra a:
- Terceira Lei de Kepler.
 - Segunda Lei de Newton.
 - Primeira Lei de Newton.
 - Lei da Conservação do Movimento Angular.
 - Terceira Lei de Newton.
- 5) Um bloco de massa 0,50 kg desloca-se em MRU (movimento retilíneo e uniforme) sob a ação de um sistema de forças. É correto afirmar, nesse caso, que a resultante das forças que atuam sobre o corpo é
- Nula.
 - Igual a normal.
 - Igual ao peso.
 - Igual a força de atrito.
 - Diretamente proporcional à massa do corpo.
- 6) Durante uma partida de voleibol, um jogador aplica uma força sobre a bola para sacar; em qual corpo estará aplicada a respectiva reação?
- Na bola.
 - Na Terra.
 - Na quadra.
 - No braço do adversário.
 - Na mão do jogador que sacou.
- 7) Partindo do repouso, um veículo atinge a velocidade de 30m/s em 10 segundos. Sabendo que a massa do veículo é de 1200 kg, calcule a força resultante sobre o veículo.
- 8) Calcule a aceleração de um bloco de massa 2 kg e que desliza, num plano horizontal sem atrito e submetido a forças horizontais, na situação indicada abaixo:



- 9) Na Terra, num local em que a aceleração da gravidade vale $9,8 \text{ m/s}^2$, um corpo pesa 98N. Esse corpo é, então levado para a Lua, onde a aceleração da gravidade vale $1,6 \text{ m/s}^2$. Determine :
- A massa do corpo.
 - O peso do corpo na Lua.
- 10) No esquema abaixo, $m_A = 6 \text{ kg}$ e $m_B = 2 \text{ kg}$. Os fios e a polia são ideais e o atrito é desprezível. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e calcule:
- A aceleração do sistema.
 - A intensidade da força de tração no fio.



Gabarito

1.v, v, v, v, v; 2.f, f, v, v, f; 3.d; 4.c; 5.a; 6.e; 7. 3600N; 8. 3 m/s^2 ; 9.a)10kg; b)16N; 10.a)2,5 m/s^2 ; b)15N.

Apêndice I – Planos de aula

As aulas foram elaboradas visando o aprendizado significativo através da abordagem ausubeliana, mudanças nas aulas são viáveis e devem ficar a critério do professor que irá aplicar a proposta.

Aula nº1

Realização do pré- teste

Objetivo: Identificar nos estudantes os conhecimentos já existentes a respeito do conteúdo a ser explorado através da abordagem ausubeliana, pois segundo MOREIRA (2006) é relevante para a aprendizagem significativa que o professor conheça o que o estudante já sabe para então ensiná-lo de acordo com os seus conhecimentos prévios.

O teste foi feito com questões referentes às três leis de Newton do movimento com os seguintes objetivos:

1º Buscar saber se o estudante identifica o significado científico da lei da inércia em oposição a idéia de que um corpo está em movimento devido a ação de força (questões 1 e 2);

2º Detectar se o estudante considera que é preciso alguma força agindo no objeto para levá-lo para cima (questão 3);

3º Observar se o estudante identifica as forças que agem no objeto quando ele é abandonado de uma determinada altura (questão 4);

4º Identificar se os estudantes acreditam que existe uma força para cima maior que a força peso para justificar a subida do objeto (questão 5);

5º Observar se os estudantes identificam o papel da força de atrito no movimento de objetos em superfícies planas (questão 6);

6º Detectar se os estudantes percebem a força de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido ao contato entre um objeto em movimento e uma superfície imóvel (questão 7);

7º Buscar indícios se os estudantes são capazes de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido à interação gravitacional:

A queda de objetos na superfície da Terra (questão 8).

Objeto satélite em órbita em torno da Terra (questão 9).

8º Detectar se os estudantes são capazes de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido à interação entre objetos de tamanhos diferentes e deslocando-se no mesmo sentido (questão 10).

O teste será aplicado antes do início do desenvolvimento do conteúdo.

Tempo da Atividade: 1 aula

Material utilizado: Testes

Aula nº 2

Leitura do texto Energia/ Força (ver apêndice B)

Objetivo: Revelar os conhecimentos, já existente, sobre o conceito de força que julgamos ser uma informação relevante para a ancoragem dos conhecimentos relativos às três leis de Newton do movimento. MOREIRA (1999) indica a utilização de materiais introdutórios apresentados antes do material de instrução, os quais sirvam de ponte entre o

que o estudante já sabe e aquilo que ele precisa aprender ou ainda, como no caso dessa atividade, que sirvam para disponibilizar na estrutura cognitiva do estudante os conhecimentos úteis a para uma nova aprendizagem.

Essa atividade consiste na leitura de um texto, adaptado da revista Astronomy Brasil, contendo as idéias de energia e força. Após a leitura, será solicitado que os estudantes escrevam numa folha questões a respeito do texto. Na aula seguinte, promove-se a troca das questões entre os estudantes, seguida de um debate, que possibilite a exposição das dúvidas e a troca de informações por meio de diálogo entre o professor e os estudantes.

Tempo da Atividade: 2 aulas

Material utilizado: texto adaptado da revista Astrônomo Brasil

Aula nº 3

Oficina- construindo um foguete

Objetivo: Mostrar aos estudantes a função de cada parte do foguete que será utilizado no experimento através da construção do mesmo. Assim eles terão a oportunidade de trabalhar com precisão e compreender que cada parte tem uma função específica e não meramente decorativa.

A aula será iniciada através da explanação realizada pelo professor sobre o centro de massa do foguete e o centro de pressão.

Num segundo momento, a turma será dividida em grupos e de posse do roteiro de construção cada grupo irá construir o seu foguete.

Tempo da Atividade: 2 aulas

Material utilizado: 3 garrafas PET, 1 tubo de cola, 1 rolo de fita adesiva, 1 tesoura, caneta de tinta permanente.

Aula nº 4

Aula sobre o princípio da inércia

Objetivo: Através da percepção de que o foguete encontra-se em repouso devido ao equilíbrio entre as forças que atuam nele, os estudantes serão capazes de compreender a primeira lei de Newton, estabelecendo a idéia de equilíbrio dinâmico e equilíbrio estático.

Para que o objetivo acima seja alcançado, a aula é iniciada através de discussões promovidas, dirigidas e mediadas pelo professor. O professor irá colocar a base de lançamento num ponto visível a toda turma e seguirá com os seguintes questionamentos:

- 6) O foguete encontra-se em movimento ou em repouso em relação ao solo?
- 7) O que o mantém nesse estado?
- 8) O que deve acontecer para que ele mude de estado?
- 9) Em sua opinião, ele é capaz de mudar sua própria velocidade?
- 10) Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete neste momento?

Num segundo momento o professor irá escrever no quadro as respostas para a partir delas proceder a aula expositiva sobre o princípio da inércia. Segundo MOREIRA (2006) tanto a aprendizagem por descoberta como a por recepção podem ser significativas, dependendo da forma como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva. Um princípio pode ser apresentado ao estudante através de uma aula expositiva e o conteúdo pode ser utilizado significativamente, desde que haja os subsunçores na sua estrutura cognitiva.

Após a exposição do assunto os estudantes irão utilizar o material de apoio (texto) e irão proceder a resolução dos exercícios.

Tempo da Atividade: 3 aulas

Material utilizado: base de lançamento, foguete feito com garrafa PET.

Aula nº 5

Aula sobre o princípio da ação e reação

Objetivo: Levar os estudantes a perceber que o foguete viaja para cima, com força igual e em sentido oposto a força que impulsiona a água e o ar comprimido para fora da garrafa. Ou seja, os estudantes deverão ser capazes de utilizar o princípio da ação e reação para explicar o movimento de ascensão do foguete.

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

- 4- O que causa o movimento do foguete?
- 5- Qual o sentido da força que expulsa a água?
- 6- Qual o sentido da força que empurra o foguete?
- 7- Por que essas forças não se anulam?
- 8- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Após o lançamento do foguete, os estudantes retornarão à sala e responderão em grupo as questões propostas. O professor irá escrever no quadro as respostas e partindo do que os estudantes responderem iniciará a apresentação do princípio da ação e reação utilizando o vôo do foguete como exemplo.

Acreditamos que o lançamento dos foguetes se caracteriza em uma atividade facilitadora da aprendizagem significativa, na medida em que ela pode despertar o interesse

do estudante em aprender. Pois, segundo MOREIRA (2006), uma das condições necessárias a ocorrência da aprendizagem significativa é que o estudante manifeste disposição em aprender de forma significativa.

Após a explanação do assunto será feita a consulta ao texto de apoio e aos exercícios propostos.

Tempo da Atividade: 3 aulas

Material utilizado: plataforma de lançamento, foguete feito com garrafa PET.

Aula nº 6

Aula sobre a segunda lei de Newton

Objetivo: Levar aos estudantes a compreender que a força é proporcional a massa de água e ar e também a velocidade.

- 5- Os grupos irão utilizar as balanças para medir a massa dos foguetes com e sem água em sala e irão anotar os valores.
- 6- Irão realizar dois lançamentos um com o foguete com água e outro sem água e irão anotar os seguintes dados:
 - c) A distância entre o local de lançamento e o local da queda;
 - d) O ângulo entre a horizontal e a altura máxima;
- 7- Através da tangente do ângulo irão medir o valor aproximado da altura máxima.
- 8- Responder as perguntas abaixo:
 - c) Em que situação o foguete alcança maior altura, com ou sem água?
 - d) Como a quantidade de água colocada dentro do foguete interfere na altura alcançada?

c) O valor da massa do foguete exerce alguma influência na variação da velocidade do foguete?

5- Indicar três procedimentos que possam melhorar o desempenho do foguete.

Após a realização do experimento o professor irá escrever as respostas dos grupos no quadro para a explanação da segunda lei de Newton, através de aula expositiva.

No momento seguinte a turma utilizará o texto de apoio e retornará a resolução dos exercícios propostos.

Tempo da Atividade: 3 aulas

Material utilizado: base de lançamento, foguete feito com garrafas PET, balanças, altímetro, tabela de tangentes.

Aula nº 7

Realização do questionário opinativo

Objetivo: O teste visa dar oportunidade aos estudantes de se posicionar em relação ao docente/pesquisador e em relação à utilização dos experimentos como estratégia de ensino.

Em relação ao docente, segundo MOREIRA (1999), para que o professor facilite a aprendizagem significativa é preciso que este ensine utilizando recursos e princípios os quais facilitem a aquisição de estruturas conceituais do conteúdo. Daí a necessidade de avaliar a atuação do docente.

Em relação à utilização dos experimentos, MOREIRA (2006), destaca a importância da disposição por parte do estudante em aprender de forma significativa. Com isso há a

necessidade de saber se a utilização dos foguetes gerou no estudante a disposição em aprender.

ANEXOS

Anexo 1 – Concepções dos estudantes sobre equilíbrio de forças

Grupo 1

Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb	Dom
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

08/10/07

① O foguete encontra-se em repouso em relação ao solo?

② O que o mantém nesse estado?

③ O que deve acontecer para que ele mude de estado?

④ Em sua opinião ele é capaz de mudar sua própria velocidade?

⑤ Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete nesse momento?

① Sim

② A base.

③ Que ele seja lançado.

④ Não.

⑤ Sim. A pressão.

Grupo 2

友情

08.10.2007

1- O foguete encontra-se em repouso em relação ao solo?

Sim.

2- O que o mantém nesse estado?

- falta de pressão
- gravidade

3- O que deve acontecer para que ele mude de estado?

- pressão

4- Em sua opinião, ele é capaz de mudar sua própria velocidade?

nao.

5- Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete nesse momento?

Sim. gravidade

Grupo 3

① - O foguete encontra-se em repouso em relação ao solo?
Sim

② - O que o mantém nesse estado?
A base que o sustenta com a estabilidade

③ - O que deve acontecer para que ele mude de estado?
que ele seja lançado ou impulsionado

④ - Em sua opinião ele é capaz de mudar sua própria velocidade? NÃO, precisa de FORÇA

⑤ - Em sua opinião, existe alguma força ajudando no movimento?
Sim,

Grupo 4

1. Foguete encontra-se em repouso em relação ao solo?
2. O que o mantém nesse estado?
3. O que deve acontecer para que ele mude de estado?
4. Em sua opinião ele é capaz de mudar sua própria velocidade?
5. Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete nesse momento?

Respostas.

1. Sim

2. Ele está parado, somente na base.

3. Deve ser lançado, ou então, estará em movimento.

4. Depende do estado em que estiver.

5. Não

Grupo 5

08/10/02

Perguntas

- 1) O foguete concentra-se em voo em relação ao solo?
- 2) O que o afeta mais verdade?
- 3) O que deve acontecer para que ele mude de verdade?
- 4) Em sua opinião ele é capaz de mudar sua própria velocidade?
- 5) Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete neste momento?

1) Sim

2) Porque não tem nenhuma força agindo sobre o foguete.

3) Ele age alguma força sobre o foguete.

4) Não

5) A força da gravidade que está puxando-o para baixo.

Grupo 6

1) O foguete encontra-se em repouso em relação ao solo.

2) O que se mantém nesse estado?

3) O que deve acontecer para que ele mude de estado?

4) Em sua opinião, ele é capaz de mudar sua própria velocidade?

5) Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete nesse momento?

① - Em repouso

② - O solo

③ - Lança

④ - Não

⑤ - Sim

Grupo 7

SENAES

Exercícios

DATA 08/10/07

- 1) O foguete encontra-se em repouso em relação ao solo?
- 2) O que o mantém nesse estado?
- 3) O que deve acontecer para que ele mude de Estado?
- 4) Em sua opinião ele é capaz de mudar sua própria velocidade?
- 5) Em sua opinião, existe alguma força agindo no foguete nesse momento?

Respostas

- 1) Sim
- 2) O foguete continua no solo
- 3) Que uma força atue sobre ela (o foguete)
- 4) Sim, dependendo da força que agir sobre ela
- 5) Sim o de sua posição inclinada

Anexo 2 – Questões respondidas após o lançamento do foguete

Grupo 2

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A pressão da água com o ar.

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

de cima para baixo

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

de baixo pra cima

4- Por que essas forças não se anulam?

porque uma é mais forte que a outra.

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

nao.

Grupo 5

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A força da água e do ar

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

de baixo para cima

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

de baixo para cima

4- Por que essas forças não se anulam?

*Por que a força de puxão é maior que a do foguete
em oposição*

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

SERIA

Grupo 4

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A expulsão de ar e da água.

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

de cima pra baixo.

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

de baixo pra cima.

4- Por que essas forças não se anulam?

Porque as forças são iguais e não se anulam.

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Não.

Grupo 7

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A pressão do ar junto à água

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

Debaixo para de cima para baixo

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

Debaixo para cima

4- Por que essas forças não se anulam?

Porque a força que empurra é maior, a força do peso é maior.

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Sim. Mas o foguete não iria cair mais longe pois não tem gravidade porque não tem resistência do ar

Grupo 3

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A pressão junto à água

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

do cima para baixo

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

do baixo para cima

4- Por que essas forças não se anulam?

por que a força que empurra o foguete é mais forte do que a que puxa.

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Sim, tendo água, tendo ar comprimido e não tendo gravidade

Grupo 1



Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

O ar comprimido e a quantidade de água.

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

De baixo para cima.

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

Vertical.

4- Por que essas forças não se anulam?

Porque

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

Não, estamos ainda neste tipo de lançamento.

Grupo 6

Cada grupo irá lançar o seu foguete para em seguida responder as seguintes questões:

1- O que causa o movimento do foguete?

A pressão

2- Qual o sentido da força que expulsa a água?

para baixo p/ a água

3- Qual o sentido da força que empurra o foguete?

para cima

4- Por que essas forças não se anulam?

porque

5- É possível realizar esse tipo de lançamento no vácuo?

não

