



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

## A UTILIZAÇÃO DE TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA

Fausto Lima Custódio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:  
Marta Feijó Barroso

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2012

# A UTILIZAÇÃO DE TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA

Fausto Lima Custódio

Orientadora:  
Marta Feijó Barroso

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dra. Marta Feijó Barroso (Presidente)

---

Dr. Rodrigo Barbosa Capaz

---

Dr. Oswaldo Vernet de Souza Pires

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

L586p Custódio, Fausto Lima  
A utilização de testes conceituais em Física básica / Fausto Lima Custódio - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2012.  
viii, 110 f.: il.;30cm.  
Orientador: Marta Feijó Barroso  
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.  
Referências Bibliográficas: f. 58-59.  
1. Ensino de Física. 2. Questões conceituais. 3. Mecânica Básica. I. Barroso, Marta Feijó. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. A utilização de testes conceituais em Física básica.

Dedico esta dissertação a minha esposa e meus filhos.

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização de meu Mestrado:

- Minha Esposa Elaine e meus Filhos Sofia e Pedro, pelo apoio incondicional.

- Meus Pais Edmar e Marilene e meu irmão Fábio, pelo constante incentivo.

- Minha Orientadora Marta pelas valiosas discussões e por mostrar o caminho.

- Aos Diretores das Instituições em que leciono: Rodolfo e Sônia, Anderson, Cristiane, Fabini; pelo apoio.

- A todos os professores, colegas e funcionários do PEF UFRJ.

-A CAPES pela bolsa de Mestrado no programa Observatório da Educação.

- Ao Guilherme Telles pela ajuda na elaboração, aplicação e correção dos testes.

## RESUMO

### A UTILIZAÇÃO DE TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA

Fausto Lima Custódio

Orientador:  
Marta Feijó Barroso

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O público alvo dos cursos de Física básica no ensino superior mudou muito nas últimas décadas, mas a forma de ensinar e avaliar pouco se alterou. Continua-se a dar uma ênfase muito grande à resolução de problemas tradicionais de livros texto de Física básica em detrimento de uma discussão conceitual mais profunda. Uma consequência direta disto é que na maioria das vezes o aluno não atinge um grau satisfatório de letramento científico, permanecendo com pré-conceitos errôneos trazidos do ensino médio e de sua própria experiência pessoal. Neste trabalho, desenvolveu-se um conjunto de testes conceituais com o apoio de uma tecnologia de geração aleatória e correção de testes (AtenaME) no tema mecânica introdutória. Ao aplicar esses testes a alunos de Física I, em sua maioria de cursos de Engenharia na UFRJ, e realizar uma análise comparativa entre os resultados dos testes e o resultado das provas tradicionais, pode-se observar essa desconexão entre a aprendizagem dos conceitos e a aprendizagem tradicional. O processo de correção dos testes foi automatizado, não representando um acréscimo de trabalho para os professores; os resultados são obtidos rapidamente, permitindo um rápido diagnóstico sobre o nível de compreensão do aluno sobre determinados conceitos para eventuais correções de rumo. Conclui-se pela possibilidade de utilização de uma metodologia que combine na avaliação da aprendizagem os testes conceituais e as provas tradicionais, com perspectiva de melhorias globais no processo de ensino-aprendizagem de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física, questões conceituais, mecânica básica, testes automatizados, avaliações de aprendizagem.

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2012

# **ABSTRACT**

## **THE USE OF CONCEPTUAL TESTS IN BASIC PHYSICS**

Fausto Lima Custódio

Supervisor:  
Marta Feijó Barroso

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The public in basic Physics courses at university level has changed a lot over the last decades but the way of teaching and assessing Physics hasn't. Nowadays great importance is still given to the resolution of traditional textbook problems leaving almost no time for a deeper conceptual discussion. As a consequence in general the students don't achieve a satisfactory level of scientific literacy and the misconceptions they bring from high school and from their personal experience are hardly changed. In this work we developed a set of conceptual tests in introductory mechanics using an automated technology that randomly generates and corrects tests (AtenaME). By applying conceptual tests to engineering students at UFRJ and performing a comparative analysis between the results obtained on the conceptual tests and on the traditional tests we observed that there is a lack of connection between the conceptual and the traditional learning. As the conceptual tests are semi-automated, they don't represent any extra work for the teacher and as they can give in a short time a diagnostic about students' conceptual knowledge so that corrections in the process can be made. We conclude by proposing a mixed methodology for Physics teaching that combines traditional and conceptual tests that brings improvements to the teaching-learning process.

Keywords: Physics education, conceptual tests, introductory mechanics, automated tests, learning assessments.

Rio de Janeiro  
December 2012

# Sumário

Capítulo 1	Introdução .....	1
Capítulo 2	Aprendizagem e Avaliação da Aprendizagem .....	3
2.1	Cognição .....	3
2.2	O conhecimento .....	4
2.3	Aprendizagem em Física.....	7
2.4	Avaliação de aprendizagem .....	11
2.5	O Uso de itens de múltipla escolha .....	13
Capítulo 3	Desenvolvimento do Trabalho .....	15
3.1	A construção dos testes .....	15
3.2	A aplicação dos testes .....	17
3.3	O sistema de geração e correção de testes AtenaME .....	18
3.4	A análise dos resultados .....	26
3.4.1	Estatística descritiva simples dos itens dos testes .....	26
3.4.2	As correlações entre os resultados dos testes e das provas .....	28
3.4.3	A regressão linear e o método dos mínimos quadrados.....	28
3.4.4	O coeficiente de determinação .....	30
Capítulo 4	Resultados .....	32
4.1	Resultado geral .....	33
4.2	Resultado por prova .....	34
4.2.1	Resultado por questão das provas .....	35
4.2.2	Resultado por questão dos testes .....	40
4.2.3	Resultado por turma .....	46
4.3	Análise das questões do MBT.....	48
Capítulo 5	Conclusão .....	52
5.1	Questões conceituais X questões tradicionais .....	52
5.2	Algumas informações qualitativas que emergem dos resultados dos testes .....	55
5.3	Uma proposta de utilização dos testes conceituais.....	57
Referências Bibliográficas	.....	58
Apêndice	Apresentação e análise dos itens dos testes .....	60
Anexo	Provas de Física IA de 2011/2 .....	106

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

“Ensinar Física não é fácil. Aprender menos ainda” [GLEISER 2000]. Assim começa o artigo escrito por Marcelo Gleiser em Física na Escola. O ensino de ciências e em particular de Física nos anos iniciais do ensino superior sempre apresentou grandes desafios e com o passar do tempo vem se tornando uma tarefa cada vez mais desafiadora. O atual modelo de ensino adotado na maioria das instituições educacionais tem se mostrado inadequado diante das necessidades de conhecimento acerca das questões científicas e filosóficas que permeiam a humanidade nos dias atuais. Tais modelos são insuficientes até no que diz respeito à motivação dos alunos.

Um dos grandes motivos desta inadequação é que o ensino de Física muitas vezes vem se mostrando desprovido de sentido do ponto de vista conceitual. As experiências e conceitos trazidos pelos alunos, muitas vezes errôneos, não são devidamente investigados e corrigidos por diferentes motivos, como por exemplo, por supor que o aluno do Ensino Superior já traz estes conceitos do Ensino Médio, o que quase sempre não é verdade. Isto transforma o ensino de Física numa memorização de equações e procedimentos operacionais e o torna desinteressante e sem sentido para muitos alunos. A forma como são estruturadas as avaliações em Física básica também privilegiam este modelo de ensino, pois a Física conceitual quase não faz parte das avaliações.

É possível incorporar uma discussão que privilegie os aspectos conceituais do ensino de física se o professor tiver à sua disposição ferramentas de avaliação rápidas e efetivas que possibilitem a ele saber se esses aspectos conceituais estão sendo devidamente aprendidos. A possibilidade de integrar a aprendizagem dos aspectos conceituais da Física Básica às atividades tradicionais de resolução de problemas e exercícios é bastante importante, e traz como possível consequência imediata a melhoria do desempenho dos estudantes também na resolução de problemas tradicionais. Com uma compreensão clara dos conceitos e de como eles se conectam às equações, o estudo da Física deixa de ser um exercício de memorização e manipulação de fórmulas.

Neste trabalho, foram elaborados e aplicados testes conceituais sobre os conteúdos ministrados em Física I para alunos de graduação (majoritariamente de cursos de Engenharia) na UFRJ. Os testes foram montados e corrigidos de maneira semi-automatizada utilizando o sistema AtenaME, que se mostrou uma grande ferramenta tanto em auxiliar na redução da carga de trabalho do professor, uma vez que os testes são corrigidos automaticamente, quanto em fornecer uma resposta rápida sobre a visão do aluno acerca de conceitos específicos. Os testes foram aplicados a diferentes turmas de diversos cursos e os resultados foram comparados com os resultados obtidos pelos alunos nas avaliações tradicionais aplicadas pelos professores na UFRJ. A partir das análises destes resultados foi elaborada uma proposta que permite maior integração da física conceitual no ensino de Física básica, sem comprometer o ensino tradicional ou aumentar a carga de trabalho do professor.

No Capítulo 2, apresentamos algumas definições importantes para um entendimento do conceito atual de aprendizagem em Física e um panorama dos sistemas de avaliação, diferenciando situação problema de exercícios e discutindo o uso de itens de múltipla escolha.

No Capítulo 3, descrevemos a metodologia utilizada neste trabalho, detalhando o processo de construção e aplicação dos testes, o funcionamento do sistema automatizado de geração e correção de testes, o AtenaME, e as ferramentas utilizadas na análise dos resultados dos testes e provas.

No Capítulo 4, apresentamos os resultados da aplicação dos testes, analisando-os e relacionando-os com os resultados das provas sob diferentes aspectos, como resultados por turma, resultados por teste, resultado por questão das provas e resultado por questão dos testes.

No Capítulo 5, apresentamos uma conclusão baseada nos resultados e nas definições atuais de aprendizagem e uma sugestão de utilização dos testes conceituais como ferramenta para melhoria do processo de ensino aprendizagem.

No Apêndice apresentamos uma análise dos itens de cada teste, incluindo uma análise das respostas e dos distratores de cada item. Esse apêndice constitui um texto que possibilita a professores de mecânica introdutória a escolha de questões a serem aplicadas a seus estudantes.

## **CAPÍTULO 2 -**

### **APRENDIZAGEM E AVALIAÇÕES DE APRENDIZAGEM**

Aprendizagem é um conceito amplo e complexo. Neste capítulo, apresentamos definições e conceitos que nos permitem descrever o processo de aprendizagem e a partir dessa descrição discutir como ela pode ser medida ou avaliada. Apresentamos também as definições modernas de aprendizagem em Física e o conceito de letramento científico, em seguida discutimos a evolução no número de matriculados no ensino superior no Brasil e uma reflexão sobre novas formas de avaliar.

#### **2.1 – COGNIÇÃO**

Cognição é o ato ou processo de saber algo [HALADYNA 2004]. Como a cognição envolve o pensamento humano, ela é um evento individual, único para cada pessoa. Avaliar o grau cognitivo de um indivíduo em determinado assunto é um processo bastante complexo.

Em ensino, a ferramenta mais utilizada na medição da habilidade cognitiva é um teste. Um teste é um instrumento de avaliação que descreve numericamente e de maneira padronizada o grau de aprendizado de um indivíduo. Um teste contém itens que medem o conhecimento sobre um assunto ou determinadas habilidades e pode ser composto por um ou vários itens, ou questões. As respostas aos itens podem ser quantificadas, gerando uma nota ou score para o indivíduo baseada nas respostas aos itens do teste. Avaliando as respostas inferimos que o indivíduo possui certo grau de conhecimento sobre um assunto, mas o conhecimento é apenas um dos aspectos da cognição.

Possuir domínio cognitivo sobre determinado assunto requer o desenvolvimento de algumas habilidades e competências. Habilidade é um ato cognitivo construído a partir do conhecimento e é mais facilmente observada, pois apresenta-se de uma forma mais unitária e simples. Por exemplo, uma das habilidades listadas na matriz de referências do ENEM [ENEM 2009] é “Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes”. Competência é algo mais complexo do que

habilidade e conhecimento; envolve uma complexa aplicação de ambos, habilidades e conhecimentos; e é a competência que permite a criação e resolução de situações e problemas novos. Um exemplo de competência listada na matriz de referência do ENEM é: “Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas”. A medição de uma competência cognitiva normalmente envolve um instrumento que requer uma complexa aplicação de conhecimento e de habilidades.

## 2.2 – O CONHECIMENTO

Uma das maneiras de se definir conhecimento é como um conjunto de verdades acumuladas ao longo do tempo. Esta definição é particularmente apropriada quando o objetivo de nosso estudo envolve processos de avaliação.

Podemos avaliar o conhecimento de um indivíduo sobre um assunto fazendo perguntas, ou pedindo que o indivíduo argumente sobre o tema e avaliando o que foi ouvido pelo professor [HALADYNA 2004]. Esta avaliação pode ser feita por um teste embora existam limitações na determinação do verdadeiro grau de conhecimento através de um processo único.

O domínio cognitivo em um determinado assunto é composto por dois processos, cada um com quatro componentes, formando oito categorias [HALADYNA 2004]. Os processos são: relembrar e entender, e seus componentes são: fatos, conceitos, princípios e procedimentos. Um indivíduo apresenta domínio cognitivo, ou seja, “aprendeu” um determinado assunto quando é capaz de relembrar, entender e relacionar fatos, conceitos, princípios e procedimentos.

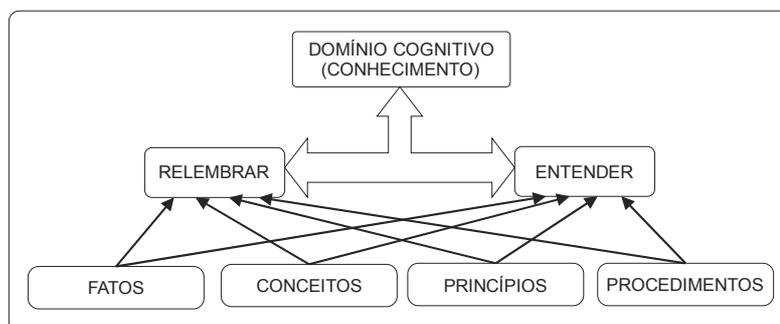


Figura 2.1 – Domínio cognitivo

Na testagem do processo de **relembrar**, o item leva o indivíduo a reproduzir ou reconhecer determinado conteúdo exatamente como ele foi apresentado anteriormente, seja em aula, treinamento ou leitura. A testagem do relembrar é normalmente associada a conteúdos triviais e pode levar à memorização de conteúdos que não precisam ser memorizados ou que podem ser encontrados facilmente em fontes de referência.

O **entender** é um processo cognitivo bem mais complexo. A própria compreensão do conceito de entender tem evoluído ao longo do tempo, pois o entendimento sobre determinado assunto se desenvolve a medida que novos elementos e padrões são adicionados e assimilados [WHITE e GUNSTONE 1992]. Durante muito tempo aprender se resumia a relembrar, mas com a evolução do conceito de entender, exige-se atualmente a capacidade de aplicar o conhecimento em situações inéditas para que se reconheça que o aluno aprendeu. Medir o entendimento de um determinado assunto é uma tarefa muito mais complexa do que medir o que foi memorizado, pois o conhecimento a ser medido deve ser apresentado de uma nova forma e conclusões e raciocínios que não foram anteriormente apresentados devem ser atingidos. Isto leva à constatação que nos sistemas tradicionais de ensino uma ênfase muito grande é dada ao processo de relembrar em detrimento do entendimento. A habilidade de resolver problemas, essencial em particular a futuros profissionais da área de ciências exatas e tecnologia, depende fundamentalmente do processo de entendimento ou compreensão, uma vez que este fornece a base cognitiva necessária para o pensamento crítico e criativo, fundamentais na proposição e resolução de problemas novos.

A seguir apresentamos algumas definições de termos que serão utilizados. Adotamos as definições de [HALADYNA 2004].

Um **fato** é algo que é tido como uma verdade dentro de um contexto ou de um grupo social. Um item que tem como objetivo medir se o indivíduo conhece ou não o fato em um determinado contexto é bastante direto, pois o indivíduo ou conhece ou não conhece o fato. Exemplos de fatos:

A é uma letra do alfabeto.

A soma dos ângulos internos de um triângulo é de 180°.

7 é um número primo.

Cargas elétricas de sinais contrários se atraem.

Um exemplo de item que mede o conhecimento de um fato seria:

Qual dos números a seguir é primo?

- a)4
- b)5
- c)15
- e)16

Note que este item simplesmente verifica se o aluno lembra-se do fato de que o número 5 é primo, mas não se o aluno sabe o conceito de número primo, ou porque 5 é um número primo. Para responder corretamente basta que tenha sido dito previamente ao aluno que 5 é um número primo e que o aluno recorde-se disso. O aluno que simplesmente memoriza que 3 e 5 são números primos sem entender o conceito de número primo não consegue responder a uma pergunta como esta:

Sabendo que 3 e 5 são número primos, qual dos números a seguir não é primo?

- a) 11
- b) 13
- c) 15
- d) 17
- e) 19

já que para respondê-la o aluno precisa conhecer o conceito de número primo.

Um **conceito** é uma classe de eventos ou objetos que compartilham um conjunto de características ou propriedades, por exemplo, o conceito de “cadeira”. Uma cadeira é algo que em princípio serve para que pessoas se sentem e normalmente possui uma parte plana horizontal, um encosto e quatro pernas. O conceito de cadeira é caracterizado por estas características e algumas outras menos importantes. Uma mesa pode lembrar uma cadeira, mas não tem o encosto e geralmente é maior. Nós podemos distinguir em uma lista de objetos os que são cadeiras e os que não são cadeiras, e fazemos isso baseados no nosso conceito de cadeira.

Um conceito pode ser concreto ou abstrato; por exemplo, amor é um conceito abstrato e peso é um conceito concreto. Em um item que mede o

entendimento de um conceito o aluno não necessariamente foi exposto previamente à resposta, mas sim ao conceito.

Um **princípio** é uma afirmação, normalmente envolvendo dois ou mais conceitos. Existem dois tipos de princípios, as leis imutáveis e os eventos prováveis. Por exemplo, é uma lei imutável que o calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Em ciência, muitos princípios imutáveis são conhecidos como leis. Alguns princípios são probabilísticos e pode-se chegar a eles por meios de dados ou de uma análise estatística, por exemplo, “jogadores de basquete muito altos bloqueiam mais arremessos do que jogadores de basquete muito baixos”. A testagem de princípios pode se dar no nível do lembrar, mas a ênfase na educação moderna está no nível de entender e aplicar os princípios em novas situações ou problemas.

Um **procedimento** é a execução de uma série de ações relacionadas para se chegar a um resultado ou objetivo. As ações podem ser físicas ou mentais. Um procedimento é normalmente associado a uma ou mais habilidades. Um exemplo de procedimento mental é encontrar a média em um conjunto de números e um exemplo de procedimento físico seria cortar uma folha de papel com uma tesoura. Um item pode testar o conhecimento do estudante sobre o procedimento e não o procedimento em si; neste caso o item deveria perguntar qual o procedimento para se obter a média em um conjunto de números ou qual o procedimento para se cortar uma folha de papel com uma tesoura.

### **2.3 – APRENDIZAGEM EM FÍSICA**

Dentre as diferentes maneiras de se definir aprendizagem em Ciências podemos citar as definições utilizadas pelo PISA (Programme for International Student Assessment), segundo o qual aprender ciências deve corresponder a possuir o “letramento científico”, ou seja capacidade de usar o conhecimento científico para identificar questões e chegar a conclusões baseadas em evidências para entender e ajudar a tomar decisões a respeito do mundo e das mudanças causadas pela atividade humana [OECD 2009].

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCN+, aprender Física é “resgatar o espírito questionador do aluno e seu desejo de explorar o mundo, reconhecendo a Física como cultura e como possibilidade de conhecer este mundo que o cerca, desenvolvendo uma atitude reflexiva e autocrítica diante dos erros cometidos, gerenciando os conhecimentos adquiridos e compreendendo a predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e os conflitos gerados nestes pela negociação política” [PCN+ 2002].

Já segundo o ENEM, aprender Física significa que o aluno desenvolveu um conjunto de habilidades que representam a aquisição de algumas competências descritas na matriz de referências deste exame:

<p style="text-align: center;"><b>Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias</b></p> <p><b>Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.</b></p> <p><b>H1</b> – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.</p> <p><b>H2</b> – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.</p> <p><b>H3</b> – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.</p> <p><b>H4</b> – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.</p> <p><b>Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.</b></p> <p><b>H5</b> – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.</p> <p><b>H6</b> – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.</p> <p><b>H7</b> – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.</p> <p><b>Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.</b></p> <p><b>H8</b> – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.</p> <p><b>H9</b> – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.</p> <p><b>H10</b> – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.</p> <p><b>H11</b> – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.</p> <p><b>H12</b> – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.</p> <p><b>Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.</b></p> <p><b>H13</b> – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.</p> <p><b>H14</b> – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.</p> <p><b>H15</b> – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.</p> <p><b>H16</b> – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.</p>
--

**Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.**

**H17** – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**H18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

**H19** – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

**Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**H21** – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

**H22** – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

**H23** – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

**Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H24** – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**H25** – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**H26** – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

**H27** – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

**Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H28** – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

**H29** – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais.

**H30** – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

Nestas e em quase todas as definições modernas de aprendizagem em Física, notamos claramente que o “aprender” não significa simplesmente memorizar e reproduzir e que no processo de ensino-aprendizagem a ênfase deve ser no processo de entender. Só assim é possível atingir o letramento científico, que tem como característica o desenvolvimento da capacidade de [ARONS 1997]:

- Reconhecer que os conceitos científicos são inventados pela inteligência humana e não são objetos ou substâncias descobertos acidentalmente.
- Reconhecer que um conceito científico deve ser entendido corretamente e em seguida deve ser descrito e finalmente nomeado.

- Compreender a diferença entre observação e inferência.
- Distinguir uma descoberta acidental de uma investigação científica.
- Entender como uma teoria científica é formada, testada e validada.
- Entender que conceitos científicos e teorias científicas são mutáveis.
- Desenvolver conhecimento básico sobre uma área de interesse que permita uma leitura e aprendizado subsequente, sem uma instrução formal.
- Entender os impactos do conhecimento científico no pensamento humano e na história da humanidade.
- Perceber que analogias entre ciências naturais e outras áreas do conhecimento podem levar à construção de modelos a partir de raciocínios hipotético-dedutivos.

Para que o letramento científico seja alcançado, uma mudança conceitual de todos os envolvidos neste processo, professores, alunos e sociedade se faz necessária.

Na Figura 2.2, enfatizamos o esquema que representa [HALADYNA 2004] o conceito de aprender.

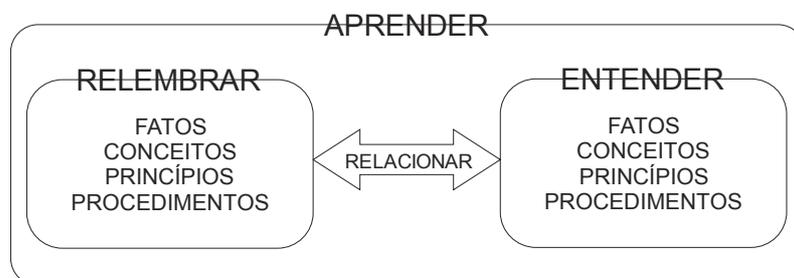


Figura 2.2 – Conceito de Aprender.

## 2.4 – AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM

Nos últimos anos, com o crescimento das atividades de pesquisa em ensino de Física, desenvolveram-se um conjunto de enfoques e estratégias que podem ser denominadas de construtivistas no processo de ensino-aprendizagem. Isto está bastante evidente nas definições de aprendizagem apresentadas anteriormente. No entanto as avaliações têm sido constituídas em sua maioria por pretensos problemas que acabam se convertendo em exercícios de aplicação fechados, exaltando a parte relembrar do aprender. A avaliação pode e deve ter um papel ativo no processo de ensino-aprendizagem, servindo não só como instrumento de medição do grau de cognição do aluno, mas também e principalmente como instrumento de diagnóstico para que o professor possa aperfeiçoar suas estratégias e instrumentos para o ensino.

Para o pleno desenvolvimento cognitivo são necessários **exercícios** e problemas [HALADYNA 2004]. Exercícios são resolvidos através de algoritmos e substituição direta, mas sem esquecer-se da argumentação e do questionamento de respostas e resultados. Um exercício deve ser utilizado para operacionalizar um conceito, treinar algoritmos, regras ou leis, ou seja para desenvolver ou medir a parte relembrar do aprendizado. Já um problema deve ser usado para aperfeiçoar estratégias de raciocínio e proporcionar o crescimento dos conceitos e o desenvolvimento do conhecimento e medir a porção entender do aprendizado.

Para que o processo de ensino-aprendizagem seja efetivado, é necessário haver a reflexão sobre os problemas e ou exercícios e os conceitos envolvidos. Vejamos um exemplo:

Um objeto move-se sobre uma linha reta, o eixo X. No instante  $t=0$  parte do repouso da coordenada  $x=0$ . No instante  $t=5s$  sua coordenada  $x$  vale 40m e sua velocidade, 11m/s. O que podemos afirmar sobre sua aceleração?

- a) é variável
- b) é igual a zero
- c) é constante diferente de zero
- d) Com os dados apresentados nada podemos afirmar sobre sua aceleração.

Este problema ilustra a diferença entre problema e exercício. Poderíamos simplesmente informar que o objeto parte do repouso e em 5 segundos percorre 40 metros e pedir a aceleração do movimento; neste caso teríamos um exercício de treinamento de um algoritmo e de verificação de memorização. Ao adicionarmos a velocidade e ao perguntar o que podemos afirmar sobre sua aceleração, se faz necessária uma estratégia de raciocínio sustentada por uma base conceitual, aliada ao algoritmo para se chegar a uma resposta correta. Neste estamos medindo aprendizagem de um modo muito mais abrangente.

Este problema foi um item de um dos testes aplicados neste trabalho a estudantes de engenharia, majoritariamente, na UFRJ; 50% dos alunos responderam incorretamente, como indicado na Figura 2.3.

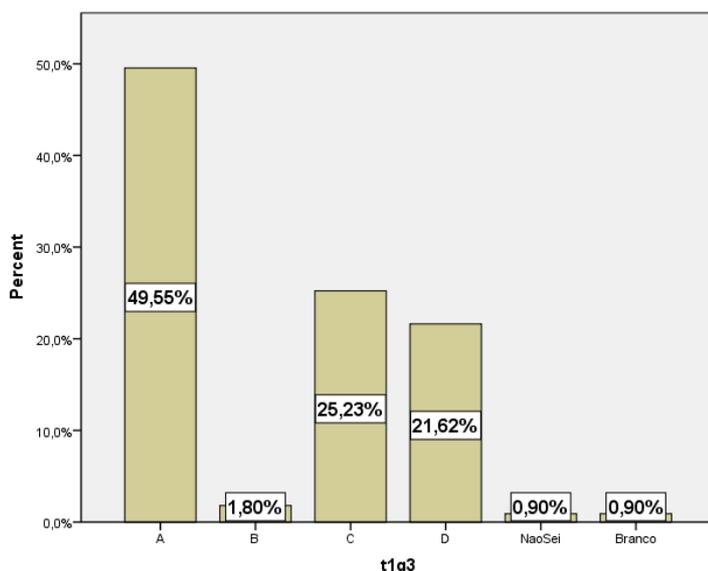


Figura 2.3 – Respostas dos alunos ao item 3 do teste 1

Apesar dos estudantes conhecerem as equações do movimento uniformemente variado e de saber operacionalizá-las, verifica-se que os conceitos de velocidade, aceleração e principalmente da descrição de movimentos uniformemente variados ainda não estão consolidados. Neste caso o professor, de posse deste resultado, poderia traçar novas estratégias para consolidação destes conceitos. Este deveria ser o papel da avaliação em um contexto construtivista, a denominada avaliação formativa.

## 2.5 – O USO DE ITENS DE MÚLTIPLA ESCOLHA

Nas últimas décadas houve um aumento significativo no número de alunos matriculados no Ensino Superior no Brasil. Os dados fornecidos pelo INEP [INEP 2012], mostram que o número de alunos matriculados no primeiro semestre no ensino superior saltou de 1.565.065 em 1991 para 4.880.381 em 2007. Em particular na UFRJ o número de vagas saltou de aproximadamente 6000 em 2007 para aproximadamente 9000 em 2011 como mostra a figura a seguir<sup>1</sup>.

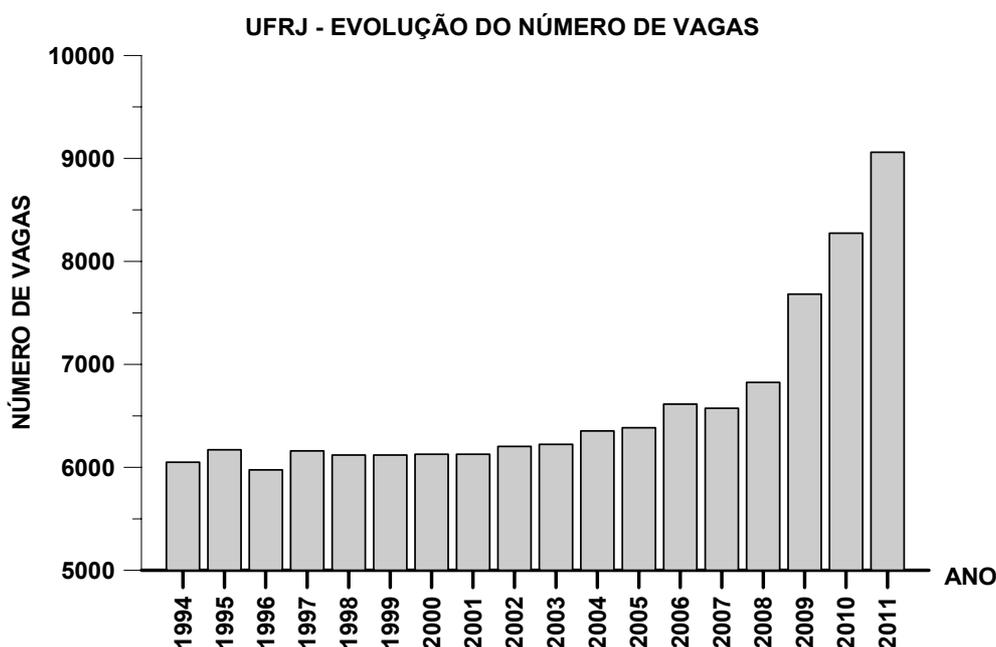


Figura 2.4 – Evolução no número de vagas na UFRJ de 1994 a 2011.

Esta evolução no número de alunos veio acompanhada de alguns problemas, dentre eles o do grande número de alunos alocados a cada professor, principalmente nas disciplinas iniciais, como a Física I, que foi objeto de estudo neste trabalho. Esse aumento no número de ingressantes gera um grande número de avaliações a serem corrigidas, dificultando a utilização da avaliação como um processo ativo e construtivista no processo de ensino-aprendizagem.

Com o atual desenvolvimento tecnológico, que proporciona computadores e escâneres rápidos a um custo relativamente baixo, é possível e acessível a qualquer instituição de ensino superior automatizar o processo de

<sup>1</sup> M.F. Barroso, comunicação privada.

correção de questões de múltipla escolha (ME). No entanto a utilização de itens de ME em avaliações nos leva a formular algumas questões, como proposto por Buchweitz [BUCHWEITZ 1975]:

- 1- Há diferença entre avaliar por múltipla escolha ou avaliar por resposta livre (RL) objetivos de aprendizagem definidos operacionalmente?
- 2- Itens que exigem níveis de comportamento mais complexos tendem a apresentar diferença maior entre os escores obtidos através de questões de ME e RL do que questões que exigem níveis menos complexos?
- 3- Há correlação entre os escores obtidos de itens formulados sob a forma de ME e RL?

Buchweitz [BUCHWEITZ 1975] mostrou em seu trabalho que não há diferença significativa entre os escores obtidos nos teste de RL e ME, independente do conhecimento medido e do nível de conhecimento medido, desde que ambos sejam cuidadosamente planejados para medir a mesma habilidade cognitiva. Foi reportada uma diferença de 1% a favor dos itens de ME no caso de questões que exigem comportamentos mais complexos, o que é explicado pelo fato de que em questões mais difíceis existe a possibilidade do acerto casual (“chute”) na ME o que não acontece na RL.

Considerando estes e outros resultados que indicam que é possível medir com eficiência similar a aprendizagem com testes de múltipla escolha ou de resposta livre, desde que os itens sejam bem elaborados, utilizamos neste trabalho um sistema semi-automatizado de geração e correção de testes de ME, com objetivo de propor uma metodologia que diminua a carga de trabalho dos professores de disciplinas iniciais no Ensino Superior e que possibilite que a avaliação assuma um papel construtivista ao fornecer ao aluno e principalmente ao professor uma resposta rápida sobre o desenvolvimento de determinada habilidade cognitiva em seus alunos o que sem dúvida torna o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente.

No próximo capítulo descrevemos o procedimento de construção dos testes, o funcionamento do sistema de geração de testes AtenaME e as ferramentas utilizadas na análise dos resultados dos testes.

## **CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

Em um curso superior de ciências exatas, os alunos não estão mais na categoria de novatos com relação à Física, uma vez que tiveram contato com a disciplina por no mínimo três anos de ensino médio. Além disso, em um curso da área de ciências exatas e tecnologia espera-se que o aluno desenvolva alguma habilidade cognitiva em relação à Física que lhe permita, através de uma sólida base conceitual e operacional, resolver não só exercícios de repetição e aplicação de algoritmos, mas também situações problemas que exijam um raciocínio estruturado, ou seja, o aluno deve ser capaz de relembrar, entender e conseqüentemente utilizar em novas situações, fatos, conceitos, princípios e procedimentos físicos.

Objetivando investigar as componentes do domínio cognitivo, e propor alternativas aos sistemas de avaliação e de ensino-aprendizagem tradicionalmente utilizados nos cursos de Física I na UFRJ, este trabalho consistiu na montagem de testes contendo itens que medem um ou mais processos do domínio cognitivo. Estes testes foram aplicados a diferentes turmas de Física I e os resultados comparados com os das provas tradicionais.

Baseado nos resultados, algumas metodologias são propostas com intuito de enriquecer o sistema de ensino-aprendizagem e reduzir a carga de trabalho do professor das disciplinas básicas.

### **3.1 – A CONSTRUÇÃO DOS TESTES**

A disciplina Física IA, oferecida pelo Instituto de Física da UFRJ em 2011/2 tem como público alvo os alunos dos cursos de Engenharia da Escola Politécnica da UFRJ assim como alguns cursos do Instituto de Química e Escola de Química. Neste curso são apresentados os conteúdos básicos da Física direcionados para o ramo da Mecânica. A ementa oficial do curso encontrada em [UFRJ.BR 2011] é:

Vetores, cinemática unidimensional e tridimensional, Leis de Newton, Dinâmica, Trabalho e Energia Mecânica, Conservação

de Energia Mecânica, Momento linear e sua conservação, Rotação e Momento angular, Dinâmica de Corpos Rígidos.

O primeiro passo do trabalho foi a divisão da ementa em 12 temas consolidados abordando todo o programa de Física I. Os temas escolhidos para os testes foram:

- Teste 1 – Conceitos básicos de cinemática
- Teste 2 – Movimentos em mais de uma dimensão
- Teste 3 – Compreensão das leis de Newton
- Teste 4 – Fundamentos da dinâmica
- Teste 5 – Energia cinética e trabalho de uma força
- Teste 6 – A conservação da energia
- Teste 7 – A conservação do momento linear
- Teste 8 – Colisões entre partículas
- Teste 9 – A conservação do momento angular
- Teste 10 – Torque de uma força e momento angular
- Teste 11 – Movimentos de rotação num plano
- Teste 12 – Equilíbrio em corpos rígidos

Após a escolha dos temas dos testes, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre dificuldades em aprendizagem em física [ARONS 1997, MAZUR 1997 e MCDERMOTT 1996] e uma série de discussões com professores e pesquisadores com experiência em lecionar a disciplina Física I, mas que não o estavam fazendo no período de elaboração e aplicação dos testes (segundo semestre de 2011). Este processo deu origem a uma série de itens com o objetivo de investigar o aprendizado de conceitos específicos da mecânica. Alguns destes itens foram retirados dos autores anteriormente citados, outros do Mechanics Baseline Test, do Force Concept Inventory [MAZUR 1997] e outros foram modificados ou elaborados pela equipe de pesquisadores envolvidos nesta pesquisa. Os itens de cada teste bem como a análise de suas respostas e distratores encontram-se no Apêndice I.

## 3.2 – A APLICAÇÃO DOS TESTES

Os testes foram disponibilizados para os professores de Física I do Instituto de Física da UFRJ para que fossem aplicados aos seus alunos, sem que isso representasse um acréscimo de trabalho para o professor, pois ele não se envolveria na elaboração e nem na correção dos testes, somente na aplicação. No início do semestre de 2011/2 foi enviada a carta, mostrada na Figura 3.1, a todos os professores de Física IA.

Em 16 de agosto de 2011

Prezados Professores de Física 1 e Física 1-A

Estamos desenvolvendo um projeto de pesquisa que envolve a discussão e conceitualização de testes semi-automatizados para disciplinas de Física básica, em particular a Física 1. Neste projeto, queremos estudar a relação entre o desempenho dos alunos em testes conceituais e o desempenho deles em provas que envolvem a resolução de problemas ou exercícios. Temos já alguns resultados preliminares, pois o projeto foi aplicado no ano passado em uma turma de Física 1 (prof. Marta) e no último semestre um teste foi aplicado em duas turmas de Física 1, e é o tema da dissertação de mestrado de um dos alunos do Programa de Ensino de Física.

Este projeto faz parte de uma proposta mais geral, a ser discutida pelo IF em função dos resultados da aplicação desta etapa. Essa proposta envolve a melhoria das condições de trabalho docente na unidade e a melhoria dos processos de aprendizagem do aluno.

O que pedimos a você, professor de Física 1/1-A? Gostaríamos de utilizar os testes desenvolvidos na sua turma. Nenhum trabalho adicional será exigido - nós elaboramos os testes, reproduzimos, corrigimos e devolvemos os resultados a você da forma mais rápida possível (resultados = notas dos alunos individuais + análise do desempenho da turma no teste).

Com faremos isso? Temos uma lista de 12 temas da Física 1. Você escolhe entre 1 e 12 testes, nos informa o número de alunos na sua turma, e levamos até você um número suficiente de cópias do teste a ser aplicado em sala de aula. São testes com poucas (3 a 5) questões conceituais, de múltipla escolha, que devem ser aplicados no máximo em 15 minutos. Não há problema com cola, pois os testes são todos diferentes: a ordem das questões é sorteada aleatoriamente, e a ordem das alternativas possíveis é sorteada aleatoriamente. Ao final, buscamos o teste com você, corrigimos e devolvemos por mensagem eletrônica um pequeno relatório da sua turma com as notas dos alunos. O uso desses testes como parte da nota de seus alunos fica a seu critério (se valer uma parcela, mesmo pequena - 10% - da nota final, ajuda o projeto, pois os alunos levam o teste mais a sério).

Ao final do período, vamos pedir a você uma cópia do texto das provas aplicadas (para que possamos classificar as questões para estudo das correlações entre elas e os testes) e as provas (para que possamos fazer uma planilha da nota dos estudantes por questão - a não ser que você possa nos fornecer essa planilha). Esperamos no período de dezembro e janeiro fazer a análise dos dados coletados e apresentar a todos os resultados obtidos no início do próximo período letivo.

Os temas que propomos são:

- Teste 1 - Conceitos básicos de cinemática
- Teste 2 - Movimentos em mais de uma dimensão
- Teste 3 - Compreensão das leis de Newton
- Teste 4 - Fundamentos da dinâmica
- Teste 5 - Energia cinética e trabalho de uma força
- Teste 6 - A conservação da energia
- Teste 7 - A conservação do momento linear
- Teste 8 - Colisões entre partículas
- Teste 9 - A conservação do momento angular
- Teste 10 - Torque de uma força e momento angular
- Teste 11 - Movimentos de rotação num plano
- Teste 12 - Equilíbrio em corpos rígidos

Contamos com a sua ajuda neste projeto. Podemos fornecer mais detalhes, mostrar exemplos dos testes, entre outros, se você estiver interessado. Os 10/15 minutos que você usará a cada teste serão compensados por um feedback a respeito da aprendizagem de seus alunos.

Gratos, e certos da sua ajuda,

Marta F. Barroso & Fausto Custódio (PEF)

Figura 3.1- Proposta enviada aos professores.

Em resposta, diversos professores de diferentes turmas de Engenharia e de Química aplicaram os testes em diferentes momentos de seus cursos, e utilizaram as notas nos testes de diferentes formas para compor a nota final do

aluno na disciplina. Os professores receberam a lista dos temas dos testes no início do semestre e de acordo com o andamento de suas aulas solicitavam determinado teste para determinada turma e data. Os testes eram então preparados por nós e entregues aos professores que aplicavam e recolhiam os testes e cartões resposta e nos devolviam para correção. Os resultados do teste eram fornecidos aos professores no prazo mais curto possível.

### 3.3– O SISTEMA DE GERAÇÃO E CORREÇÃO DE TESTES AtenaME

O sistema automatizado de geração e correção de testes utilizado foi o AtenaME, desenvolvido por Oswaldo Vernet (NCE-UFRJ) e Luís Carlos Guimarães (IM-UFRJ). O sistema é alimentado por um arquivo de entrada em formato de texto (em L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X) contendo os itens do teste, como na Figura 3.2, ou cada item pode ser digitado diretamente na interface do programa.

```

% Teste 3 de Física 1
% agosto de 2011 - Fausto e Marta
%
\includedontknow
\twocolumn
\university Universidade Federal do Rio de Janeiro
\institute CCMN - Instituto de Física
\disciplin Fisica I - 2011-2
%\professor Rodrigo Capaz
%\date 14 de setembro de 2011
\title Teste 3

\question \begin{minipage}[t]{8cm}
                                Uma mosca colide com o para-brisa de um ônibus que se move rapidamente.
                                Qual dos dois sofre a ação de uma força de maior intensidade no impacto?
                                \end{minipage}\hskip 2cm
\right A intensidade da força sobre os dois é idêntica.
\wrong A força sobre a mosca é maior do que a força sobre o ônibus.
\wrong A força sobre o ônibus é maior do que a sobre a mosca.
\wrong A força sobre a mosca depende da velocidade do ônibus.
\question \begin{minipage}[t]{8cm}
                                Um livro de peso  $\vec{P}$  está apoiado sobre um suporte
                                horizontal dentro de um elevador. O elevador sobe com
                                aceleração vertical e para cima constante  $\vec{a}$ .
                                A força de contato entre o bloco e a superfície é
                                representada por  $\vec{N}$ , e a resultante das forças
                                que agem sobre o corpo é representada por  $\vec{R}$ .
                                A resultante vale:
                                \end{minipage}\hskip 2cm
\begin{minipage}[t]{3cm}
\raisebox{-\height}{\includegraphics[scale=0.6]{Figura2Teste3.eps}}
\end{minipage}
\right  $\vec{R} = \vec{N} + \vec{P}$ 
\wrong  $\vec{R} = \vec{N} - \vec{P}$ 
\wrong  $\vec{R} = \vec{N}$ 
\wrong  $\vec{R} = 0$ 
\question \begin{minipage}[t]{8cm}
                                Um corpo de massa m encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal.
                                Nesta caso a força resultante sobre o corpo é:
                                \end{minipage}\hskip 2cm
\begin{minipage}[t]{3cm}
\raisebox{-\height}{\includegraphics[scale=0.8]{Figura1Teste3.eps}}
\end{minipage}\hskip 2cm
\right Zero.
\wrong Igual ao peso.
\wrong Maior que o peso.
\wrong Menor que o peso.

```

Figura 3.2- Exemplo de arquivo de entrada do AtenaME

Não há limitação para o número de itens nem de alternativas de cada teste; utilizamos na maioria dos testes quatro itens com quatro alternativas de resposta. Na Figura 3.3 temos um exemplo da interface do AtenaME onde podemos digitar os itens e escolher diversas opções para a geração dos testes.

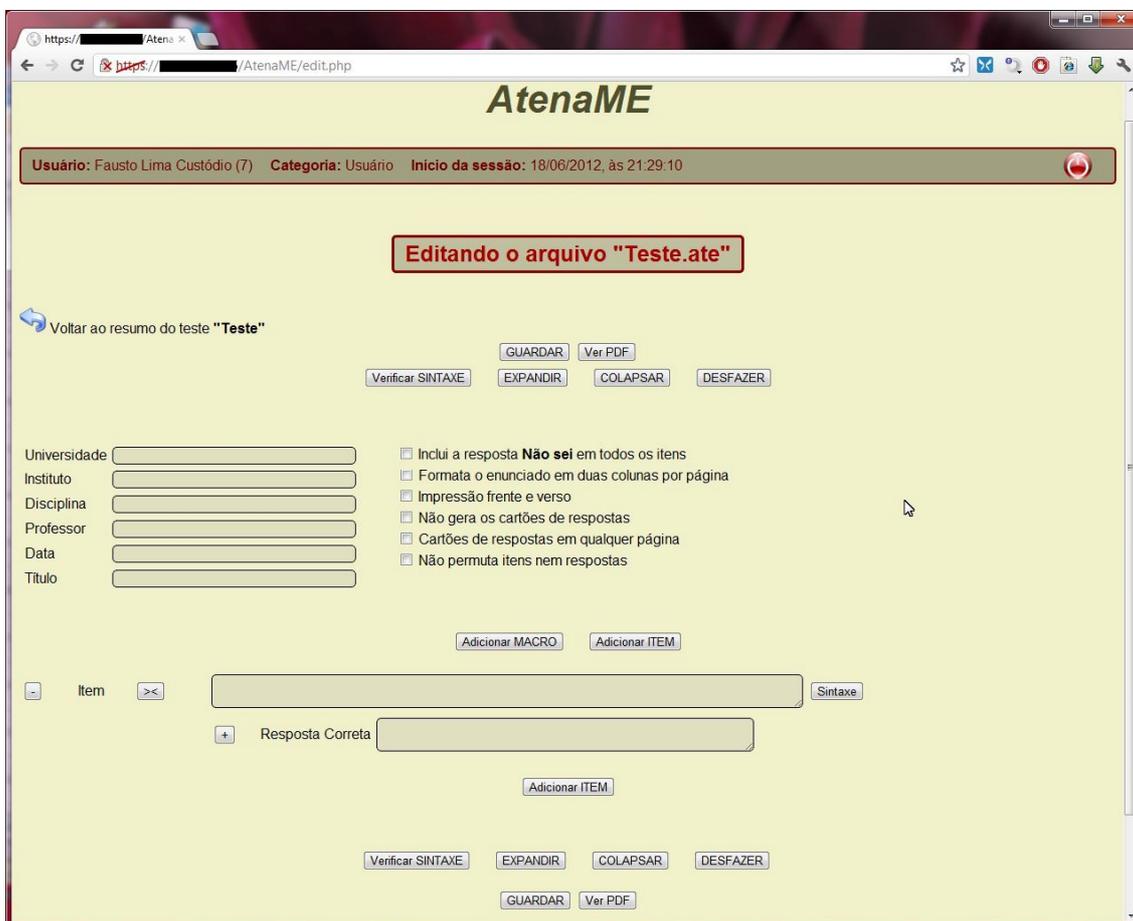
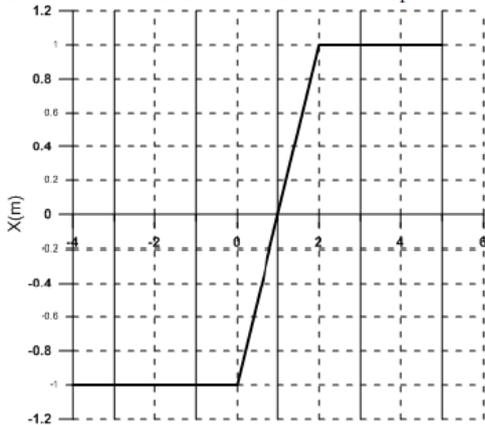


Figura 3.3-Tela de entrada de dados do AtenaME

A partir do arquivo de entrada o sistema gera o número de testes que for solicitado pelo usuário, embaralhando a ordem dos itens e as alternativas, gerando assim testes diferentes e seus respectivos cartões resposta e gabaritos. Na Figura 3.4 mostra-se um exemplo de 2 testes com respostas e questões embaralhadas. O sistema pode ser alimentado com uma planilha excel contendo os nomes dos alunos da turma, e neste caso gera testes, cartões resposta e gabaritos nominais, juntamente com uma lista de presença.

Teste 1

1. O gráfico a seguir representa o movimento de um corpo sobre uma linha reta. Assinale a opção que descreve corretamente o movimento do corpo.



- (a) No instante  $t = 0$ , o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- (b) No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $2$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- (c) No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- (d) No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 0$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- (e) Não sei.
2. Uma pessoa caminha sobre uma estrada reta e plana, com velocidade constante. Ao passar pela marca de 8 km, seu relógio marca 2 h. Quando seu relógio

marca 4 h, ela se encontra na marca de 12 km. Qual o valor do módulo de sua velocidade?

- (a) 4 km/h  
 (b) 6 km/h  
 (c) 3 km/h  
 (d) 2 km/h  
 (e) Não sei.

3. Um objeto move-se sobre uma linha reta, o eixo  $x$ . No instante  $t = 0$  parte do repouso da coordenada  $x = 0$ . No instante  $t = 4$  s sua coordenada  $x$  vale 25 m e sua velocidade, 10 m/s. O que podemos afirmar sobre sua aceleração?

- (a) É constante e diferente de zero.  
 (b) É igual a zero.  
 (c) Com os dados apresentados nada podemos afirmar sobre sua aceleração.  
 (d) É variável.  
 (e) Não sei.

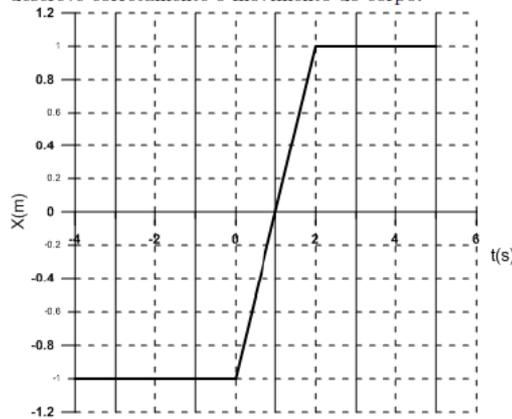
4. Considere as duas situações descritas a seguir. Situação 1: uma bola é lançada verticalmente para cima; Situação 2: uma bola é largada do alto de uma torre. Despreze a resistência do ar. Qual das afirmativas está correta?

- (a) Nada podemos afirmar sobre as acelerações, pois não conhecemos as velocidades.  
 (b) Nas duas situações a bola tem a mesma aceleração.  
 (c) Na primeira situação, a aceleração é vertical para cima e na segunda é vertical e para baixo.  
 (d) A aceleração depende da velocidade com que a bola é lançada na situação 1, e da altura que é largada na situação 2.  
 (e) Não sei.

Teste 1

- Um objeto move-se sobre uma linha reta, o eixo  $x$ . No instante  $t = 0$  parte do repouso da coordenada  $x = 0$ . No instante  $t = 4$  s sua coordenada  $x$  vale  $25$  m e sua velocidade,  $10$  m/s. O que podemos afirmar sobre sua aceleração?
  - Com os dados apresentados nada podemos afirmar sobre sua aceleração.
  - É constante e diferente de zero.
  - É igual a zero.
  - É variável.
  - Não sei.

- O gráfico a seguir representa o movimento de um corpo sobre uma linha reta. Assinale a opção que descreve corretamente o movimento do corpo.



- No instante  $t = 0$ , o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $2$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
- No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 1$  m.

Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.

- No instante  $t = -4$  s, o corpo encontra-se na posição  $x = -1$  m. Continua nesta posição durante 4 s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade  $1$  m/s até atingir a posição  $x = 0$  m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante  $t = 5$  s.
  - Não sei.
- Considere as duas situações descritas a seguir. Situação 1: uma bola é lançada verticalmente para cima; Situação 2: uma bola é largada do alto de uma torre. Despreze a resistência do ar. Qual das afirmativas está correta?
    - Na primeira situação, a aceleração é vertical para cima e na segunda é vertical e para baixo.
    - Nada podemos afirmar sobre as acelerações, pois não conhecemos as velocidades.
    - A aceleração depende da velocidade com que a bola é lançada na situação 1, e da altura que é largada na situação 2.
    - Nas duas situações a bola tem a mesma aceleração.
    - Não sei.
  - Uma pessoa caminha sobre uma estrada reta e plana, com velocidade constante. Ao passar pela marca de  $8$  km, seu relógio marca  $2$  h. Quando seu relógio marca  $4$  h, ela se encontra na marca de  $12$  km. Qual o valor do módulo de sua velocidade?
    - $2$  km/h
    - $3$  km/h
    - $6$  km/h
    - $4$  km/h
    - Não sei.

Figura 3.4b – Exemplo de teste gerado.

Após a aplicação, os cartões resposta são escaneados em um escâner de folhas soltas gerando um arquivo TIFF. Na Figura 3.5 mostramos a tela de correção do AtenAME; com o carregamento no sistema das imagens

digitalizadas do cartão resposta, é gerado um arquivo contendo três planilhas. Na primeira aba do arquivo, mostrada na Figura 3.6, são apresentados o número do teste, o nome do aluno, e o número de acertos, de erros, de respostas múltiplas, de questões em branco e de opções “não sei”. Com essa planilha tem-se imediatamente a nota para o aluno no teste.

Usuário: Fausto Lima Custódio (7)   
 Categoria: Usuário   
 Início da sessão: 15/08/2012, às 07:04:47

Teste:    TESTE10  
Estado: Gerado, não corrigido

**Para corrigir o lote de testes, submeta os cartões de respostas digitalizados:**

Cartões Digitalizados (.tif)     Nenhum arquivo selecionado

Componente	Arquivo	Última Modificação
Base de Correção	<a href="#">TESTE10.gab</a>	16/11/2011, às 18:08:09
Lote de Testes (PDF)	<a href="#">TESTE10.pdf</a>	16/11/2011, às 18:08:13
Lote de Testes (TEX)	<a href="#">TESTE10.tex</a>	16/11/2011, às 18:08:09
Gabaritos (PDF)	<a href="#">TESTE10_Gabarito.pdf</a>	16/11/2011, às 18:08:15
Gabaritos (TEX)	<a href="#">TESTE10_Gabarito.tex</a>	16/11/2011, às 18:08:09
Descrição dos itens	<a href="#">TESTE10.ate</a>	16/11/2011, às 18:07:59
Pauta de alunos	(não informado)	
Observações	(não informado)	<a href="#">Enviar</a>
Complemento	<a href="#">teste10figura1.eps</a>	16/11/2011, às 18:03:40
Complemento	<a href="#">teste10figura2.eps</a>	16/11/2011, às 18:04:10
Complemento	<a href="#">teste10figura3.eps</a>	16/11/2011, às 18:04:22
Complemento	<a href="#">teste10figura4.eps</a>	16/11/2011, às 18:04:34

Figura 3.5 – Tela de correção do AtenaME

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Teste	Nome	Certas	Erradas	Branças	Múltiplas	Não sei		
2	100		2	2	0	0	0		
3	101		3	1	0	0	0		
4	102		2	2	0	0	0		
5	103		0	4	0	0	0		
6	104		2	2	0	0	0		
7	105		2	2	0	0	0		
8	106		4	0	0	0	0		
9	107		4	0	0	0	0		
10	108		4	0	0	0	0		
11	109		2	2	0	0	0		
12	110		2	2	0	0	0		
13	111		2	2	0	0	0		
14	140		2	2	0	0	0		
15	141		3	1	0	0	0		
16	142		1	3	0	0	0		
17	143		1	3	0	0	0		
18	144		1	3	0	0	0		
19	145		3	1	0	0	0		
20	146		3	1	0	0	0		
21	157		2	2	0	0	0		
22	158		1	3	0	0	0		
23	159		1	3	0	0	0		
24									
25									

Figura 3.6 – Aba 1 dos resultados fornecidos pela correção do AtenaME

Na segunda aba, mostrada na Figura 3.7, o AtenaME fornece as respostas assinaladas por cada aluno em cada item do teste, possibilitando uma conferência rápida com o cartão resposta em caso de dúvida no resultado do teste e uma verificação da leitura.

Na terceira e mais importante aba da planilha de resultados, apresentada na Figura 3.8, temos os chamados resultados normalizados. Todos os testes foram montados de modo que no arquivo de entrada, que chamaremos de teste original, a opção correta seja sempre a primeira (letra “A”). O sistema se encarrega de embaralhar as alternativas. Mas nesta aba da planilha de resultados as respostas de cada teste são fornecidas em relação ao teste original, e desse modo a opção correta é sempre a letra “A”. Isto permite a análise do papel dos distratores e ajuda no entendimento do estágio de desenvolvimento cognitivo do aluno.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Teste	Nome	1	2	3	4			
2	100		A	C	D	C			
3	101		D	A	B	C			
4	102		D	C	C	C			
5	103		D	E	C	C			
6	104		B	D	D	G			
7	105		D	D	G	C			
8	106		B	B	B	D			
9	107		A	C	B	B			
10	108		D	D	A	D			
11	109		C	D	D	A			
12	110		A	D	A	B			
13	111		D	D	B	A			
14	140		D	A	D	E			
15	141		D	C	C	B			
16	142		C	A	A	C			
17	143		A	C	G	A			
18	144		A	D	D	A			
19	145		D	B	F	D			
20	146		B	A	B	C			
21	157		B	B	E	C			
22	158		A	F	B	C			
23	159		C	D	D	A			
24									
25									

Figura 3.7 – Aba 2 dos resultados fornecidos pela correção do AtenaME

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Teste	Nome	1	2	3	4			
2	100		A	A	C	B			
3	101		A	A	D	A			
4	102		A	C	A	B			
5	103		B	F	B	B			
6	104		A	A	D	B			
7	105		A	C	A	B			
8	106		A	A	A	A			
9	107		A	A	A	A			
10	108		A	A	A	A			
11	109		A	D	B	A			
12	110		A	A	B	B			
13	111		A	A	D	B			
14	140		A	D	A	B			
15	141		A	A	A	B			
16	142		A	D	D	B			
17	143		C	D	B	A			
18	144		D	A	C	B			
19	145		A	D	A	A			
20	146		A	A	B	A			
21	157		A	A	B	B			
22	158		A	C	B	D			
23	159		D	F	A	B			
24									
25									

Figura 3.8 – Aba 3 dos resultados fornecidos pela correção do AtenaME

Se observarmos, na Figura 3.9, o teste de número 100, na primeira aba vemos que o aluno acertou duas questões, errou duas, não deixou nenhuma em branco, não marcou nenhum “não sei” e não marcou mais de uma resposta em nenhuma questão. Na segunda aba vemos que ele marcou suas respostas nos itens 1, 2, 3 e 4 como A, C, D e C. Note que somente com estes resultados não é possível saber que questões o aluno acertou. Para isto seria necessário recorrer ao teste 100 impresso ou ao gabarito gerado pelo AtenaME e verificar quais são as respostas corretas para os itens do teste 100. Este problema é solucionado pelo AtenaME com a terceira aba da planilha de resultados onde as respostas estão normalizadas de acordo com o teste original. Ao consultarmos esta aba para o teste 100 verificamos que o aluno acertou os itens 1 e 2 e marcou as opções C e B nos itens 3 e 4.

**Aba 1**

	A	B	C	D	E	F	G
1	Teste	Nome	Certas	Erradas	Branças	Múltiplas	Não sei
2	100		2	2	0	0	0
3	101		3	1	0	0	0
4	102		2	2	0	0	0
5	103		0	4	0	0	0

**Aba 2**

	A	B	C	D	E	F	G
1	Teste	Nome	1	2	3	4	
2	100		A	C	D	C	
3	101		B	A	B	C	
4	102		D	C	C	C	
5	103		D	E	C	C	

**Aba 3**

	A	B	C	D	E	F	G
1	Teste	Nome	1	2	3	4	
2	100		A	A	C	B	
3	101		A	A	B	A	
4	102		A	C	A	B	
5	103		B	F	B	B	

Figura 3.9 – Exemplo de resultados do AtenaME

### **3.4- A ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Um dos objetivos deste trabalho é o de investigar a relação entre o desempenho dos alunos em testes de ME compostos por itens conceituais e o desempenho nas provas tradicionais aplicadas na disciplina de Física I na UFRJ, que são em sua maioria compostas por problemas de RL.

Apesar de entender que diferentes fatores como data de aplicação dos testes, composição da turma e tipo de aula ministrada pelo professor podem influenciar os resultados, espera-se que, dentro do processo natural de desenvolvimento cognitivo, o aluno com bom desempenho nas provas também apresente bom desempenho nos testes conceituais.

Para a análise dos resultados, foram utilizadas algumas ferramentas de análise de dados simples (estatísticas). Uma primeira análise corresponde a observar que tipo de itens tem mais acertos pelos estudantes, e quais os distratores atraem esses mesmos estudantes. Para isso, utiliza-se uma estatística descritiva simples dos itens. Em seguida, deseja-se avaliar e comparar o desempenho dos estudantes em provas com questões conceituais, como os testes aplicados, e provas tradicionais contendo problemas de resolução livre. Para isso, utilizam-se gráficos de dispersão e calculam-se os coeficientes de correlação, entre testes ou itens de testes e provas ou questões das provas.

#### **3.4.1- Estatística descritiva simples dos itens dos testes**

A análise dos itens corresponde a observar, em cada teste, como foram apresentadas as respostas dos alunos. Para isso, obtém-se o percentual de resposta em cada uma das alternativas e avalia-se o percentual de acertos em cada item. Este tipo de dado permite avaliar os distratores que são mais assinalados pelos estudantes, indicando dificuldades conceituais e de aprendizagem.

Os itens dos testes têm a estatística descritiva apresentada no Apêndice, juntamente com a apresentação do enunciado de cada um dos itens e a discussão do que é avaliado em cada um dos distratores propostos.

Como exemplo, pode-se apresentar o resultado dos alunos em um teste de cinemática elementar. Na Figura 3.10, apresenta-se o Item 2 do Teste 1, um item que se propõe a avaliar a compreensão do conceito de aceleração no movimento de queda livre.

2. Considere duas situações: Situação 1: uma bola é lançada verticalmente para cima; Situação 2: uma bola é largada do alto de uma torre. Despreze a resistência do ar. Qual das afirmativas está correta?
- (a) **Nas duas situações a bola tem a mesma aceleração.**
  - (b) Na primeira situação, a aceleração é vertical para cima e na segunda é vertical e para baixo.
  - (c) A aceleração depende da velocidade com que a bola é lançada na situação 1, e da altura que é largada na situação 2.
  - (d) Nada podemos afirmar sobre as acelerações, pois não conhecemos as velocidades.

Figura 3.10- Item 2 no Teste 1 (Cinemática).

Na Figura 3.11, apresenta-se o gráfico com o percentual de resposta por alternativa. Observa-se desta figura um resultado curioso: 32% dos estudantes que participaram do teste, do curso de Engenharia da UFRJ, após terem estudado cinemática no ensino médio e já terem tido aulas sobre cinemática no curso universitário, ainda não conseguem entender corretamente o conceito de aceleração e sua diferenciação do conceito de velocidade.

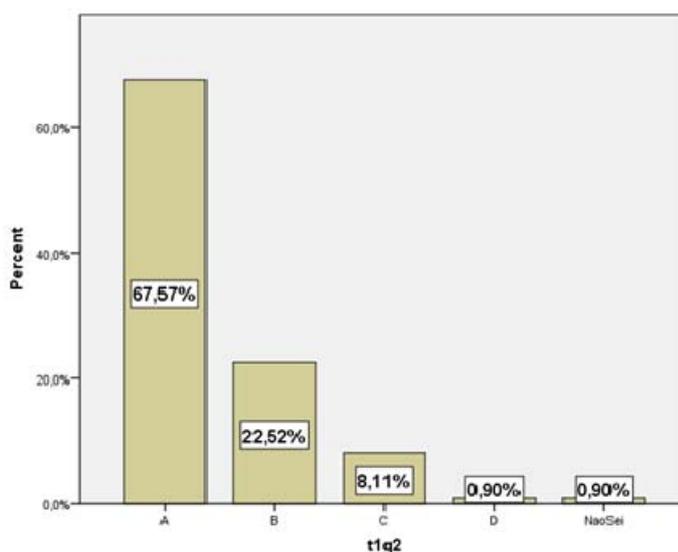


Figura 3.11- Percentual de resposta por alternativa no Item 2 do Teste 1.

### 3.4.2 – As correlações entre os resultados dos testes e das provas

Para avaliar a relação entre o desempenho dos estudantes nos testes conceituais e nas provas tradicionais, pode-se utilizar um conjunto de ferramentas. Em particular, apresentam-se os gráficos de dispersão e o coeficiente de determinação  $R^2$ .

Ao traçar em um gráfico de dispersão a média final do aluno em Física I em função da média obtida nos testes conceituais obtemos uma nuvem de pontos, onde o tamanho do ponto é proporcional ao número de ocorrências de determinada combinação de média final com média dos testes. Desta forma, pode-se, em uma rápida inspeção visual, verificar se pode existir ou não uma relação entre as grandezas. Na Figura 3.12, apresenta-se um gráfico de dispersão com a nota final de Física 1 versus a média nos testes.

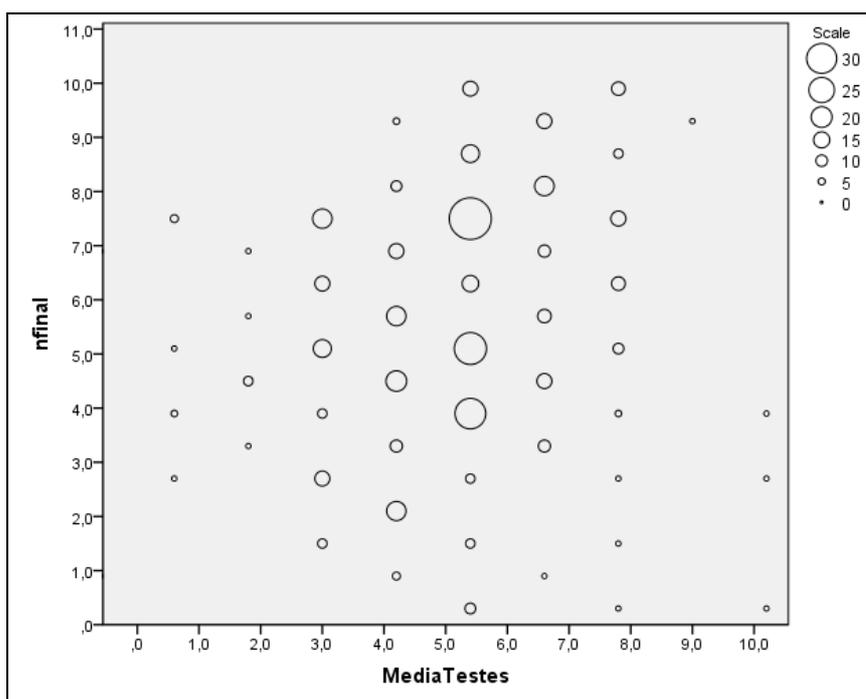


Figura 3.12 – Exemplo de diagrama de dispersão

### 3.4.3 – A regressão linear e o método dos mínimos quadrados

Regressão linear é o processo matemático pelo qual são obtidos os parâmetros “a” e “b” de uma função  $Y = f(X) = a + bX$  que melhor ajustam uma reta aos pontos experimentais. Estes parâmetros determinam as características

da melhor função que relaciona Y com X, que no caso do modelo linear é uma reta. Esta reta descreve de forma geral e teoricamente a relação entre X e Y. Isto significa que os valores observados de X e Y nem sempre serão iguais aos valores estimados  $X'$  e  $Y'$  pela reta de regressão. Haverá sempre alguma diferença, e essa diferença significa que as variações de Y não são perfeitamente explicadas pelas variações de X ou, que existem outras variáveis das quais Y depende ou, que os valores de X e Y obtidos de uma amostra específica apresentam distorções em relação a realidade. Esta diferença em estatística é chamada de erro ou desvio.

O processo de regressão significa, portanto, que os pontos plotados no gráfico são definidos, “modelados”, regredidos, a uma reta que corresponde à menor distância possível entre cada ponto plotado e a reta. Em outras palavras, busca-se reduzir ao mínimo possível os somatórios dos desvios entre Y e  $Y'$ .

Para traçar a “melhor reta” para os dados experimentais, é necessário definir o critério para esse “melhor” ajuste. O método dos mínimos quadrados é um método matemático pelo qual se obtém a curva de regressão utilizando o critério de minimizar a soma das distâncias ao quadrado entre os pontos plotados (X, Y) e os pontos da reta de regressão ( $X', Y'$ ). Pelo método dos mínimos quadrados, os parâmetros “a” e “b” da reta que minimizam estas distâncias ou o erro entre Y e  $Y'$  são calculados. Esta reta é chamada de curva de regressão. No método de mínimos quadrados (MMQ), o erro é dado por:

$$E = Y - Y'$$

onde Y é um valor da amostra associado a um valor X da amostra e  $Y'$  é um valor pertencente a reta de regressão ajustada para o mesmo valor X. O objetivo do MMQ é de que a soma dos quadrados dos erros para todos os pontos da amostra seja mínimo, ou seja, para uma amostra de n pontos tal que

$$E_t = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2$$

seja mínimo.

Supondo que a equação da melhor reta (sob este critério de minimização do erro) seja dada por

$$Y'_i = a + bX_i$$

a quantidade a ser minimizada é:

$$E_t = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i)^2$$

Tomando a derivada igual a zero,

$$\frac{\partial E_t}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i) = 0$$

e obtém-se

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - b \sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

e

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

Esses dois coeficientes são os coeficientes (angular e linear) da melhor reta que se ajusta aos dados experimentais.

#### 3.4.4 – O coeficiente de determinação

Se  $\bar{Y}$  é o valor médio de Y, a soma dos desvios ao quadrado de todos os pontos em relação a média de Y é chamada de variação total [BRASE 2007]:

$$S_{tot} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

A diferença entre o valor de um ponto Y da amostra e seu valor estimado Y', isto é a distancia entre o ponto Y e a reta de regressão, é chamada de variação não explicada pela reta de regressão ou soma dos quadrados dos resíduos:

$$S_{res} = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i')^2$$

A diferença entre o valor Y' (estimativa de Y) situado sobre a reta de regressão e o valor médio de Y (situado sobre a reta paralela ao eixo x) é conhecida como variação explicada pela reta de regressão. Isto é:

$$S_{exp} = \sum_{i=1}^n (Y_i' - \bar{Y})^2$$

O coeficiente de determinação R<sup>2</sup> é calculado como:

$$R^2 = \frac{S_{exp}}{S_{tot}} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i' - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Em uma regressão linear, que foi o modelo utilizado neste trabalho,  $R^2$  é igual ao coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas. O  $R^2$  indica quanto da variância da variável resposta é explicada pela variância das variáveis explicativas. Seu valor está no intervalo de 0 a 1; quanto maior, mais explicativo é o modelo. Por exemplo, se o  $R^2$  de determinado modelo é 0,8234, significa que 82,34% da variância de uma variável (Y) é explicada pela variância de outra (X) .

No próximo capítulo apresentam-se os resultados obtidos nas aplicações dos testes, utilizando as ferramentas descritas.

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

Apresentamos neste capítulo os resultados dos testes aplicados, relacionando-os com as provas aplicadas no segundo semestre de 2011. Como discutido anteriormente, apesar de entender que um amadurecimento natural dos conceitos somado a algumas horas a mais de estudo façam com que o aluno apresente melhor compreensão dos conceitos na data da prova do que na data de aplicação dos testes (anterior à da prova), de modo geral espera-se alguma correlação entre o desempenho do aluno nos testes e nas provas.

O número total de alunos que fizeram algum teste ou alguma prova foi de 521, mas como os testes não eram obrigatórios e cada professor adotou um critério diferente para a aplicação, nem todos os alunos fizeram todos os testes nem todas as provas. Apresenta-se na Figura 4.1 um gráfico com o total de alunos que realizou cada um dos 11 testes<sup>2</sup> e com o número de alunos que fez algum dos testes e posteriormente uma das provas<sup>3</sup>:

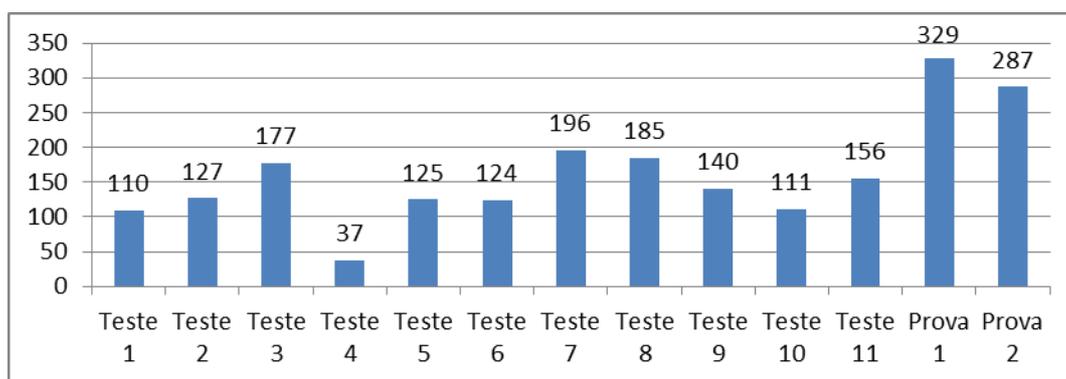


Figura 4.1 – Número de alunos que realizaram cada teste e prova.

Os testes com a discussão dos conceitos envolvidos e os resultados discriminados por resposta (distratores) estão apresentados no Apêndice.

<sup>2</sup> Apesar de o conteúdo ter sido dividido em 12 temas, nenhum professor aplicou o teste 12: Equilíbrio e Corpos Rígidos.

<sup>3</sup> No sistema de avaliação adotado no IF-UFRJ são aplicadas duas provas parciais e uma prova final.

## 4.1- RESULTADO GERAL

A média final dos alunos foi obtida diretamente do SIGA (Sistema Integrado de Gestão Acadêmica) da UFRJ e considera a realização de duas provas mais uma prova final, caso a média do aluno nas duas provas seja inferior a sete. Todas estas provas têm valor máximo de dez pontos. A média dos testes foi calculada considerando-se que cada teste vale um total de dez pontos. A média foi obtida considerando-se apenas os testes realizados pelo aluno,

$$\text{Média dos Testes} = \frac{\sum_{i=1}^n (NT)_i}{n}$$

onde  $n$  é o número de testes feitos pelo aluno e  $(NT)_i$  é a nota do aluno no  $i$ -ésimo teste.

Na Figura 4.2, apresenta-se um gráfico de dispersão entre a Nota Final do aluno em Física 1 e a média dos testes conceituais.

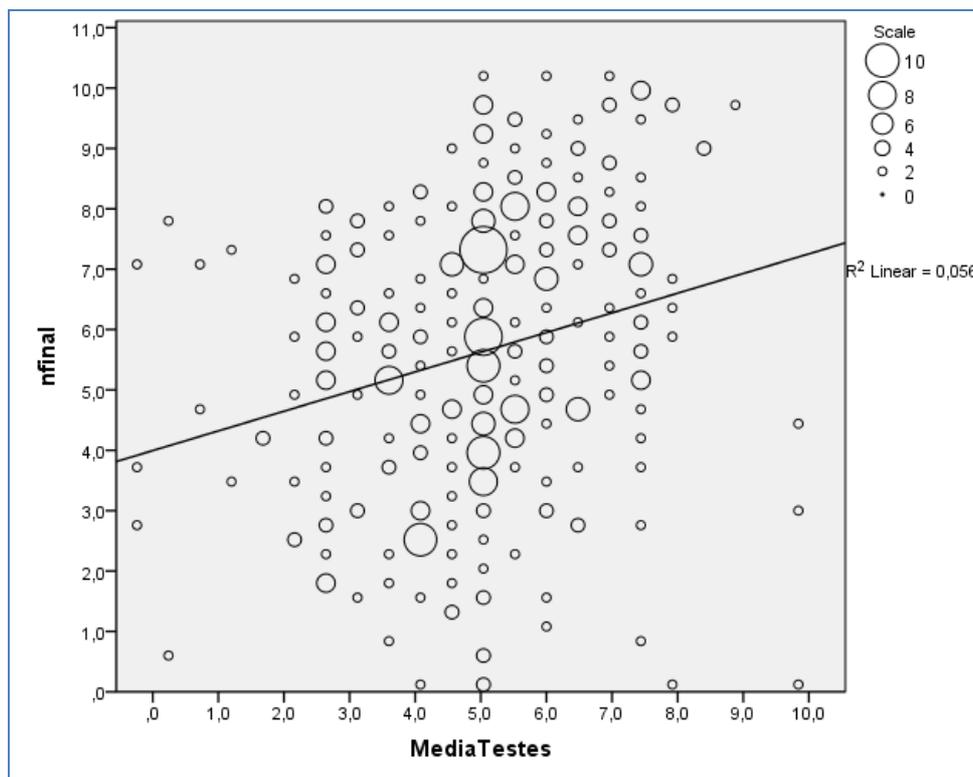


Figura 4.2 – Relação entre a média final de Física I e a média dos testes feitos.

Esperar-se-ia de modo geral que existisse alguma correlação entre a média final e a média nos testes, mesmo considerando efeitos como tempo de

estudo e amadurecimento de conteúdo (os alunos tiveram mais tempo para estudar para as provas do que para os testes). Um aluno que se sai bem nos testes conceituais deveria ter maior probabilidade de se sair bem na prova com problemas a resolver, mas este resultado não foi observado. O  $R^2$  foi de 0,056, ou seja, apenas 5,6% da variância na média final é explicada pela variância na média dos testes.

## 4.2- RESULTADO POR PROVA

Como o conteúdo avaliado na primeira prova foi equivalente aos conteúdos avaliados nos testes de 1 a 6, e da segunda prova equivalente ao dos testes de 6 a 11, apresentamos a seguir as relações entre a nota da primeira prova e a média dos testes de 1 a 6, na Figura 4.3, e entre a nota da segunda prova e a média dos testes de 6 a 11, na Figura 4.4.

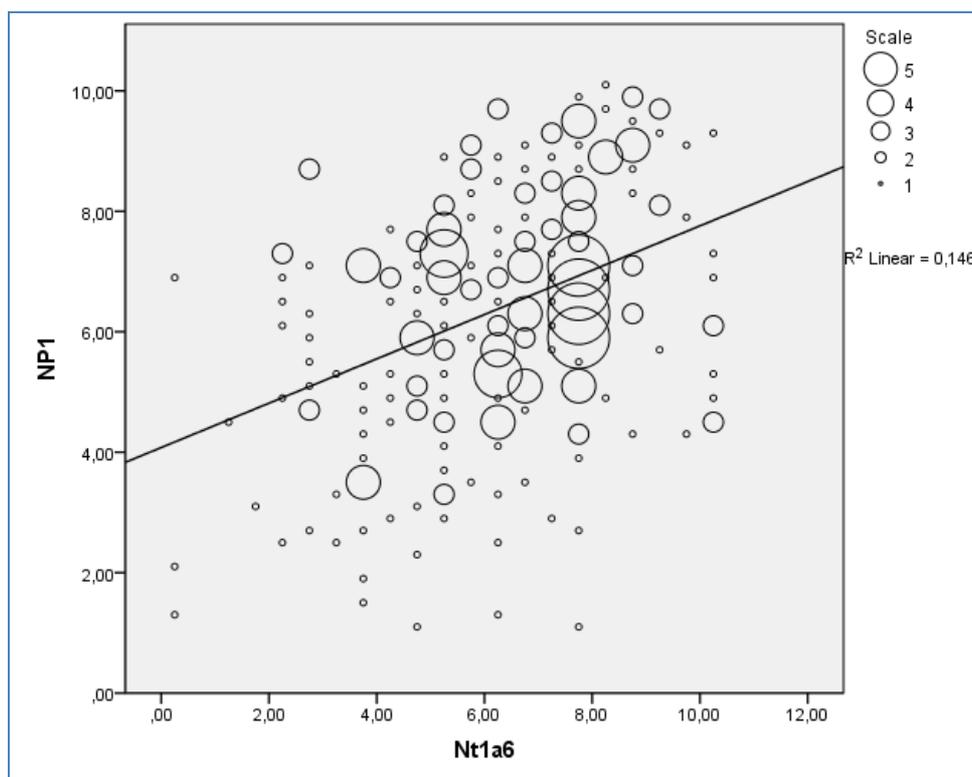


Figura 4.3 – Relação entre a nota da primeira prova e a média dos testes de 1 a 6.

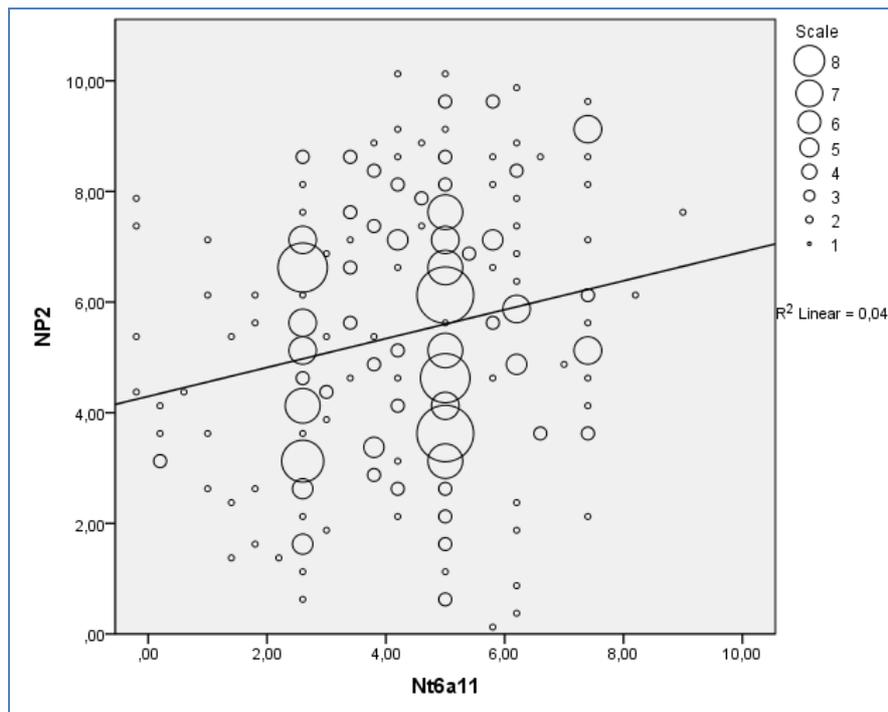


Figura 4.4 – Relação entre a nota da segunda prova e a média dos testes de 6 a 11.

Mais uma vez obtivemos correlação praticamente nula entre os resultados. Isso reforça a ideia de que a capacidade de resolver problemas tradicionais não está associada necessariamente a uma compreensão funcional dos conceitos em física [MCDERMOTT 1993].

#### 4.2.1- Resultado por questão das provas

A seguir apresentamos uma relação entre algumas questões das provas e alguns itens ou testes que julgamos estarem fortemente correlacionados, ou seja, a resolução de ambos se baseava em habilidades cognitivas comuns.

Primeiramente consideremos a questão 2 da primeira prova, que se refere as Leis de Newton, apresentada na Figura 4.5.

Questão 2) Os dois blocos mostrados na figura estão ligados por uma corda uniforme, inextensível e pesada de massa  $M$ . Um agente externo aplica uma força vertical  $\vec{F}$  contrária ao campo de gravitação constante  $\vec{g}$ , sobre o bloco superior, conforme indicado na figura ao lado. O bloco superior tem massa  $m_1$  e o inferior  $m_2$ . Consideramos como dados: as massas dos três corpos, a força externa  $F$  e a aceleração da gravidade terrestre  $g$ .

- Para cada bloco e para a corda, desenhe o diagrama de corpo livre identificando cada força que atua no respectivo corpo.
- Escreva as equações de Newton para cada bloco e para a corda.
- Determine a aceleração com que cada bloco e a corda se movimentam.
- Determine as tensões no topo e no fundo da corda.
- Qual é o valor da tensão no meio da corda?

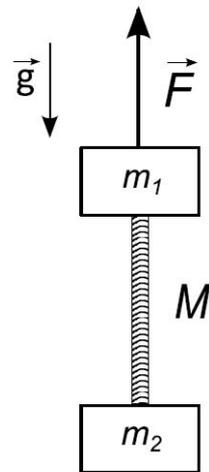


Figura 4.5 – Questão 2 da primeira prova.

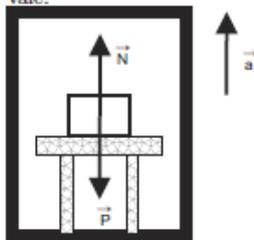
O teste 3, apresentado na Figura 4.6, também se baseava nas Leis de Newton.

Era esperada uma forte correlação entre os resultados da questão e do teste citados. O gráfico de dispersão está apresentado na Figura 4.7. Desta figura, observa-se que não há praticamente nenhuma relação entre o desempenho dos alunos na resolução do teste 3 e da questão da prova sobre dinâmica elementar.

Teste 3

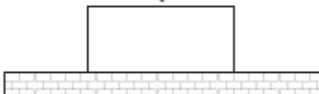
- Uma mosca colide com o para-brisa de um ônibus que se move rapidamente. Qual dos dois sofre a ação de uma força de maior intensidade no impacto?
  - A intensidade da força sobre os dois é idêntica.
  - A força sobre a mosca é maior do que a força sobre o ônibus.
  - A força sobre o ônibus é maior do que a sobre a mosca.
  - A força sobre a mosca depende da velocidade do ônibus.

- Um livro de peso  $\vec{P}$  está apoiado sobre um suporte horizontal dentro de um elevador. O elevador sobe com aceleração vertical e para cima constante  $\vec{a}$ . A força de contato entre o bloco e a superfície é representada por  $\vec{N}$ , e a resultante das forças que agem sobre o corpo é representada por  $\vec{R}$ . A resultante vale:



- $\vec{R} = \vec{N} + \vec{P}$
- $\vec{R} = \vec{N} - \vec{P}$
- $\vec{R} = \vec{N}$
- $\vec{R} = 0$

- Um corpo de massa  $m$  encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. Nesta caso a força resultante sobre o corpo é:



- Zero.
- Igual ao peso.
- Maior que o peso.
- Menor que o peso.

- Assinale a afirmação correta.

- A segunda lei de Newton afirma que uma força resultante é capaz de modificar a velocidade de um corpo.
- As forças básicas da natureza, que representam as interações fundamentais, são o peso, o atrito, a força elástica, a tração e a normal de contato.
- A força de atrito é uma força que sempre atrapalha (se opõe) ao movimento de um corpo.
- Quando apoiamos um bloco sobre uma mesa, as forças peso e normal de contato constituem um par ação-reação.

- Na situação mostrada a seguir, uma pessoa aplica uma força  $F$  a uma corda presa a uma árvore que não se move. Neste caso, a tração na corda tem intensidade  $t$ . Em seguida, a árvore é substituída por outra pessoa, que aplica uma força de mesma intensidade  $F$  na corda. Neste caso, a tração na corda vale  $T$ . Qual a relação entre  $T$  e  $t$ ?



- $T = t$ .
- $T = 2t$ .
- $T = t/2$ .
- Depende do valor de  $F$ .

Figura 4.6 – Teste 3.

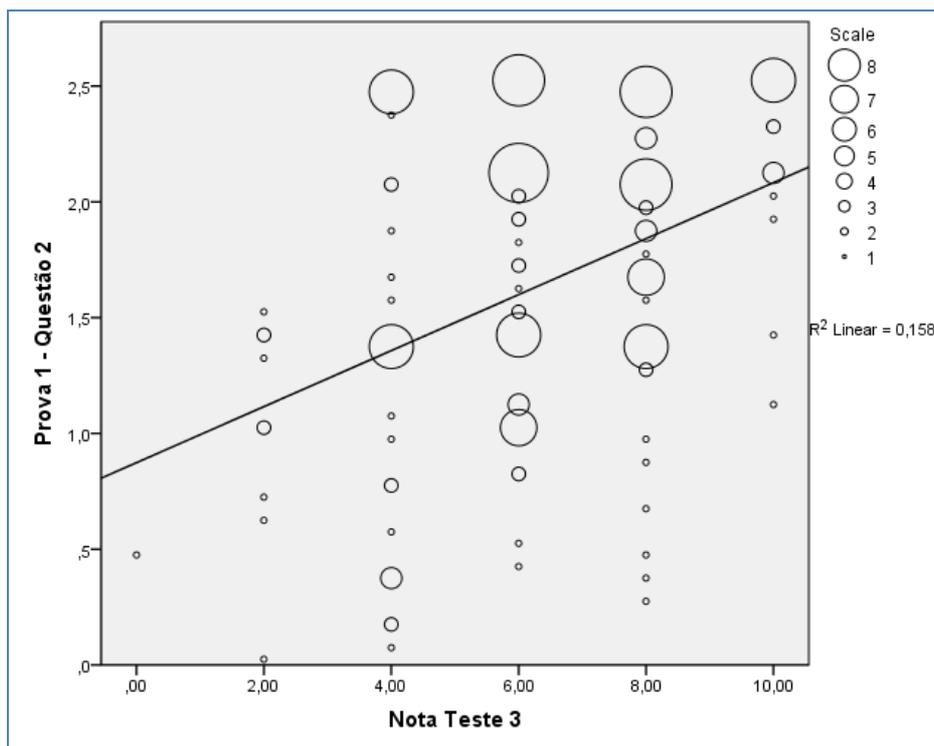


Figura 4.7 – Relação entre a nota da questão 2 da primeira prova e a nota do Teste 3.

A questão 4 da segunda prova envolvia as Leis de Newton e movimentos de rotação num plano, ou seja, assuntos dos testes 3 e 11.

Na Figura 4.8, apresenta-se o gráfico de correlação entre essa questão da prova e o teste 3 (dinâmica elementar). Na Figura 4.9, o mesmo gráfico entre essa questão e teste 11 (rotação num plano). Novamente, observa-se uma quase total desconexão entre os desempenhos observados dos alunos nos testes e nas provas.

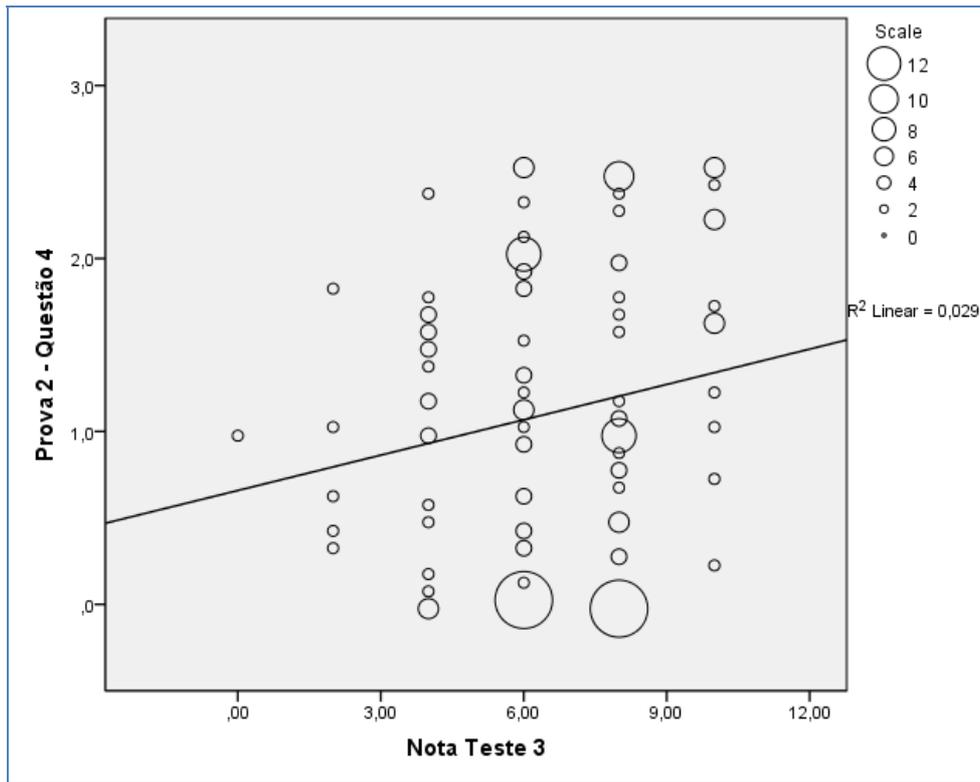


Figura 4.8 – Relação entre a nota da questão 4 da segunda prova e a nota do Teste 3.

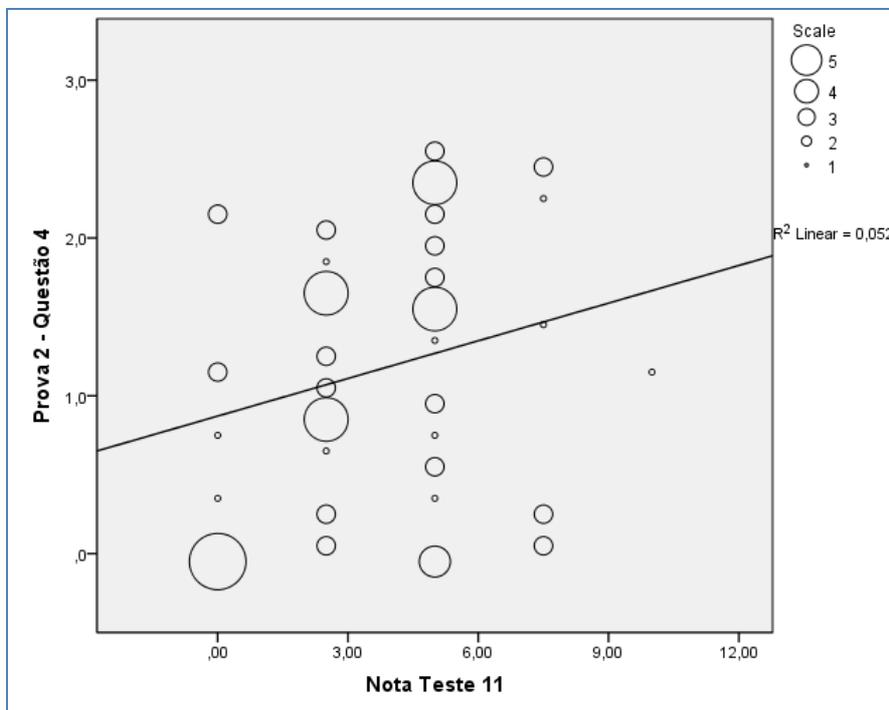


Figura 4.9 – Relação entre a nota da questão 4 da segunda prova e a nota do Teste 11.

O teste 9 tratou da conservação do momento angular, tema fortemente presente na questão 3 da segunda prova. Novamente, do gráfico de correlação da Figura 4.10, não é observada correlação entre os desempenhos.

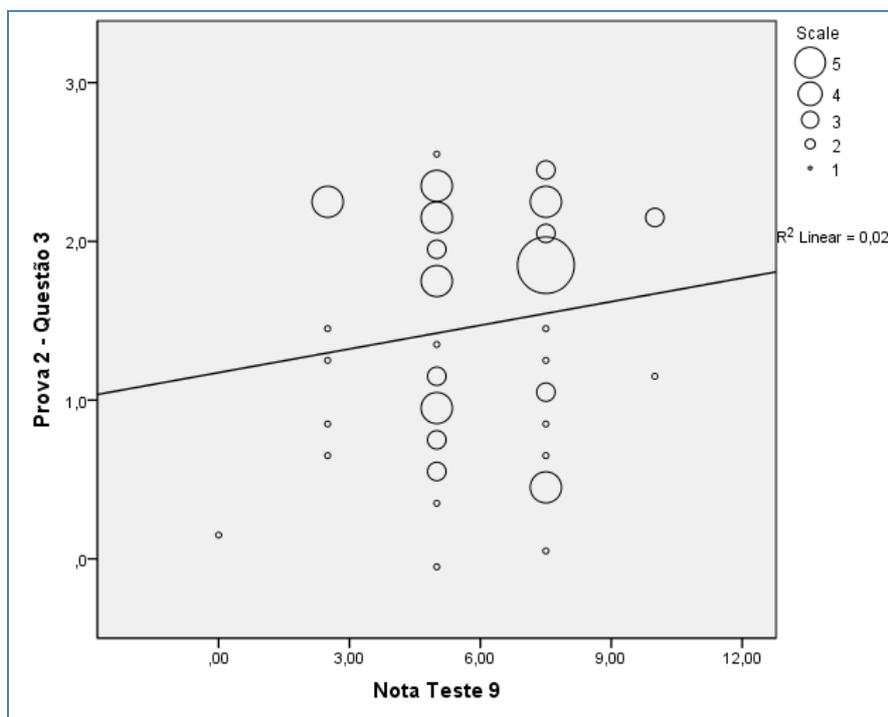


Figura 4.10 – Relação entre a nota da questão 3 da segunda prova e a nota do Teste 9.

De uma maneira geral, esse tipo de padrão – a não existência de uma correlação visível entre questões de prova ou itens e testes – foi observado em todo o conjunto sob análise. Como um primeiro resultado, então, pode-se dizer que não existem correlações significativas entre as provas e os testes.

#### 4.2.2- Resultado por questão dos testes

Para uma análise relacionando uma questão de uma prova e um item de um dos testes, o diagrama de dispersão apresenta em seu eixo vertical a nota obtida na questão e em seu eixo horizontal 0 para erro no item e 1 para acerto no item.

A questão 2 da prova 2 de Física I (Figura 4.11) tratava de uma colisão bidimensional, assim como o item 1 de nosso teste 8 (Figura 4.12). Na Figura

4.13, observa-se que a correlação entre os acertos nestes itens foi de apenas 8,4%.

Questão 2) Uma partícula de massa  $m$  e velocidade inicial  $\vec{u} = u\hat{i}$ , colide elasticamente com outra de massa  $M$ , inicialmente em repouso no referencial do laboratório. Após a colisão, a partícula de massa  $m$  foi defletida por um ângulo de  $90^\circ$ , e o módulo de sua velocidade foi reduzido para  $u/\sqrt{3}$ . A partícula de massa  $M$  emerge da colisão com velocidade de módulo  $v$ , numa direção que faz um ângulo  $\theta$  com a direção  $\hat{i}$ . Determine:

- o ângulo  $\theta$ ;
- a razão  $\lambda = M/m$  e o valor de  $v$ ;
- o vetor velocidade do centro de massa do sistema, antes da colisão;
- o vetor velocidade do centro de massa após a colisão.
- Compare os resultados obtidos nos itens c) e d). Justifique a sua resposta.

Figura 4.11 – Questão 2 da segunda prova.

1. Considere um sistema de duas partículas A e B, isolado de interações externas. Em um instante inicial as partículas movem-se como indicado na figura 1. Qual das opções representadas na figura 2 pode representar a situação das partículas após a colisão?

Figura 1

Figura 2

1	2	3	4

(a) 3  
 (b) 2  
 (c) 1  
 (d) 4

Figura 4.12 – Item 1 do teste 8.

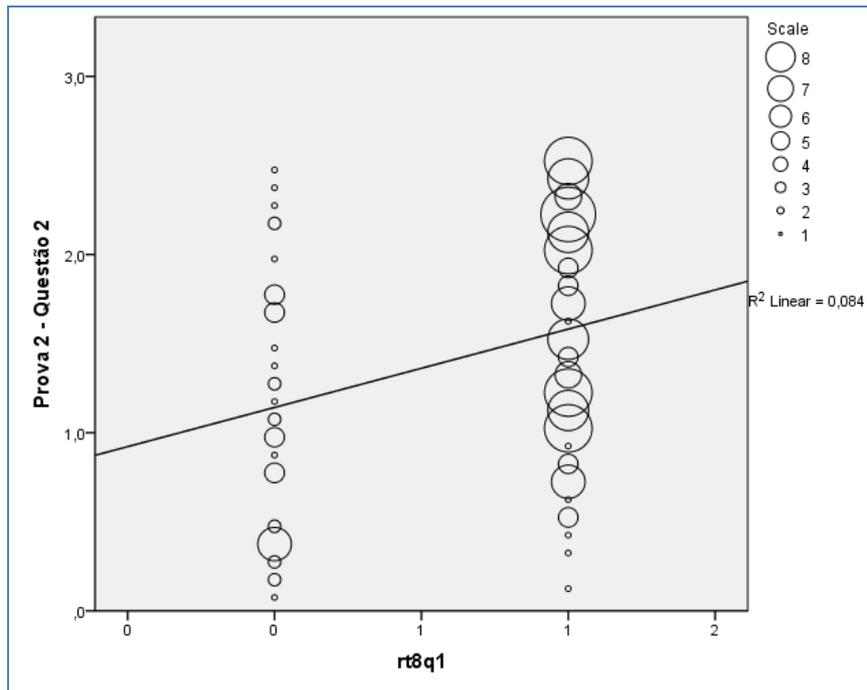


Figura 4.13 – Relação entre a nota da questão 2 da segunda prova e o item 1 do teste 8.

Uma das bases conceituais da questão 2 da prova 2, mostrada anteriormente, é a conservação do momento linear. O mesmo acontece com o item 2 do teste 8, apresentado na Figura 4.14.

2. Todas as colisões mostradas a seguir são perfeitamente inelásticas. Em qual/quais delas o carro da direita para completamente?

**1**

---

**2**

---

**3**

(a) todas elas.  
 (b) 2  
 (c) 3  
 (d) 1 e 2  
 (e) 1 e 3  
 (f) 2 e 3  
 (g) 1

Figura 4.14 – Item 2 do teste 8.

Mesmo com esta forte base comum, a correlação entre os resultados do desempenho é nula, como mostrado na Figura 4.15.

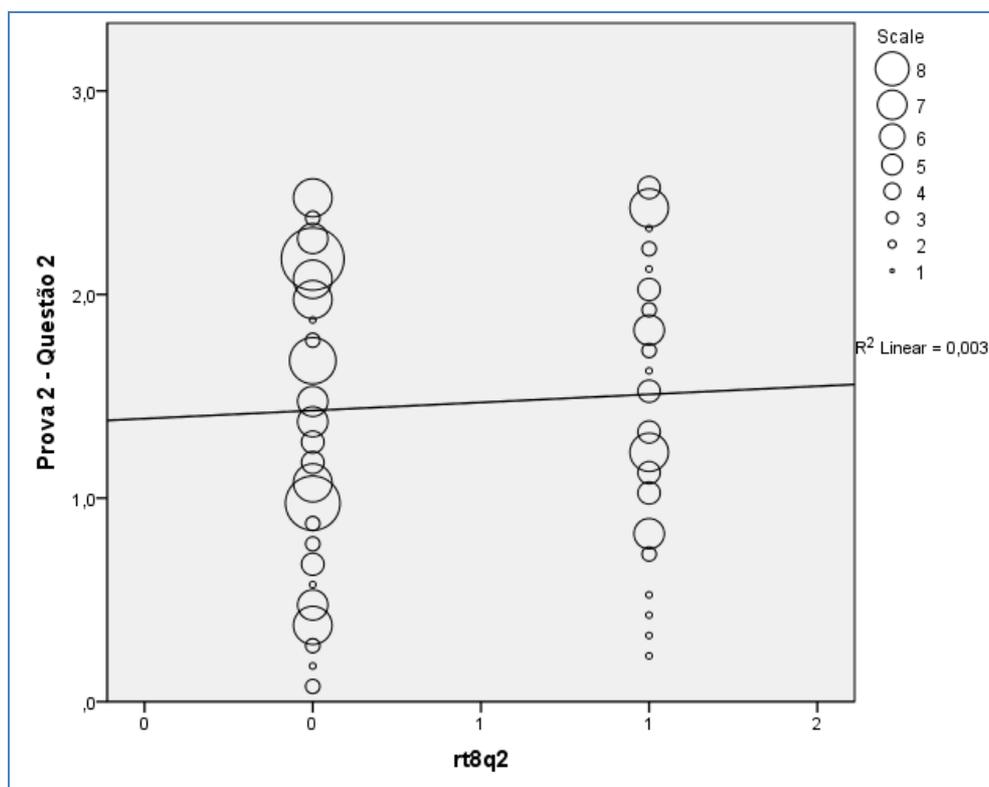


Figura 4.15 – Relação entre a nota da questão 2 da segunda prova e o item 2 do teste 8.

A questão 3 da segunda prova tratava da conservação do momento angular, assunto do teste 9. Em uma análise mais cuidadosa, observamos que a questão 3 da prova 2 se relacionava mais especificamente com os itens 3 e 4 do teste 9 do que com o teste todo; assim sendo esperava-se uma correlação maior entre estes itens e a questão da prova do que com o teste 9 todo e a questão da prova, o que não foi observado, pois a correlação da questão da prova com todo o teste 9 foi de 2% e entre a questão da prova e o item 3 do teste 9, apresentado na Figura 4.16, foi de 0,3% e de 1,1% para o item 4 do teste, como apresentado na Figura 4.17.

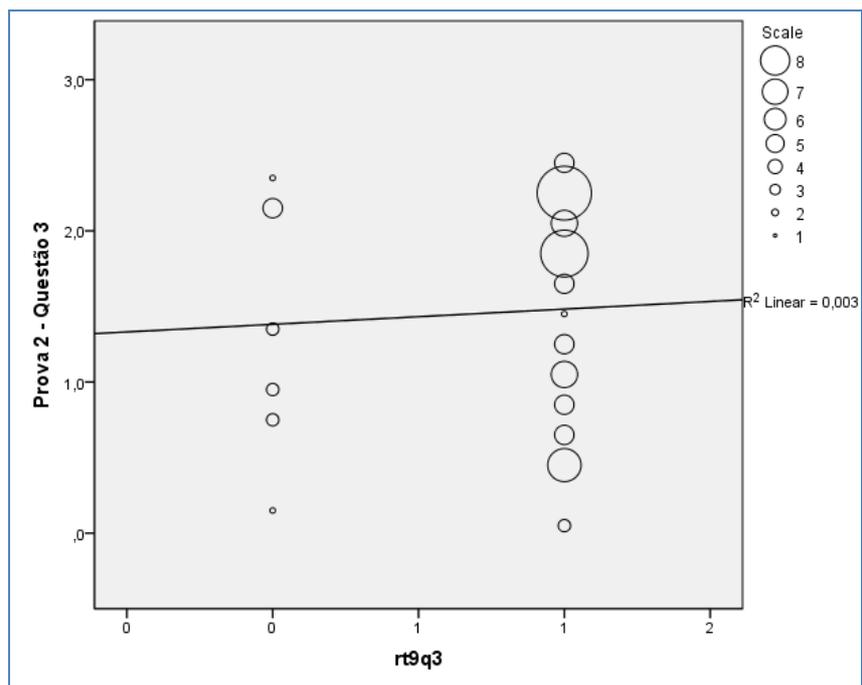


Figura 4.16 – Relação entre a nota da questão 3 da segunda prova e o item 3 do teste 9.

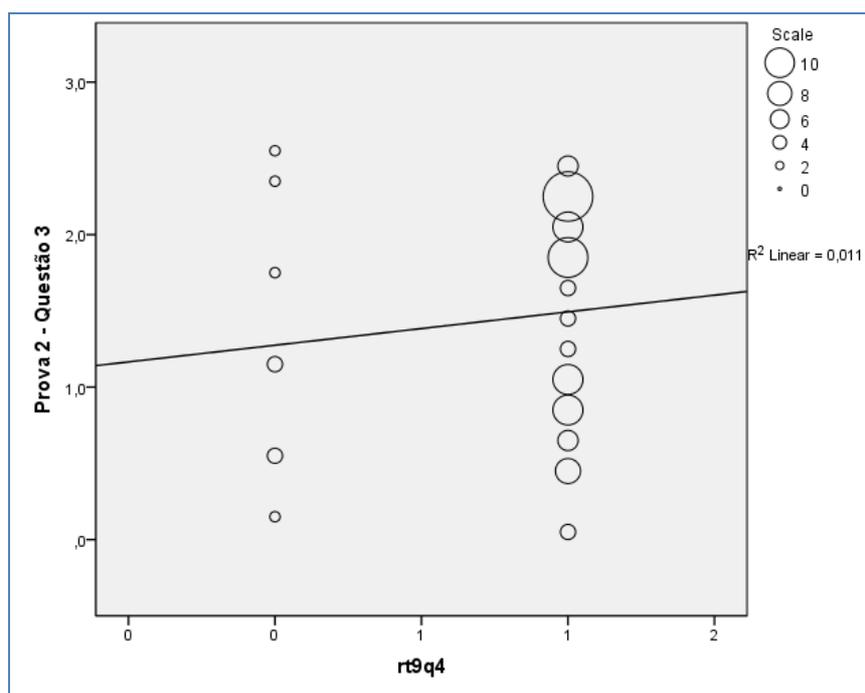


Figura 4.17 – Relação entre a nota da questão 3 da segunda prova e o item 4 do teste 9.

A questão 4 da segunda prova tratava do movimento de rotação em um plano, assunto do teste 11. Observamos que a questão 4 da prova 2 se relacionava mais especificamente com os itens 2 e 3 do teste 11 do que com o

teste todo, assim sendo esperava-se uma correlação maior entre estes itens e a questão da prova do que com o teste 11 como um todo e a questão da prova, o que não foi observado, pois a correlação da questão da prova com todo o teste 11 foi de 5,2% e entre a questão da prova e o item 2 do teste 11 (ver figura 4.18) foi de 1,4% e de 3,4% para o item 3 do teste (Figura 4.19).

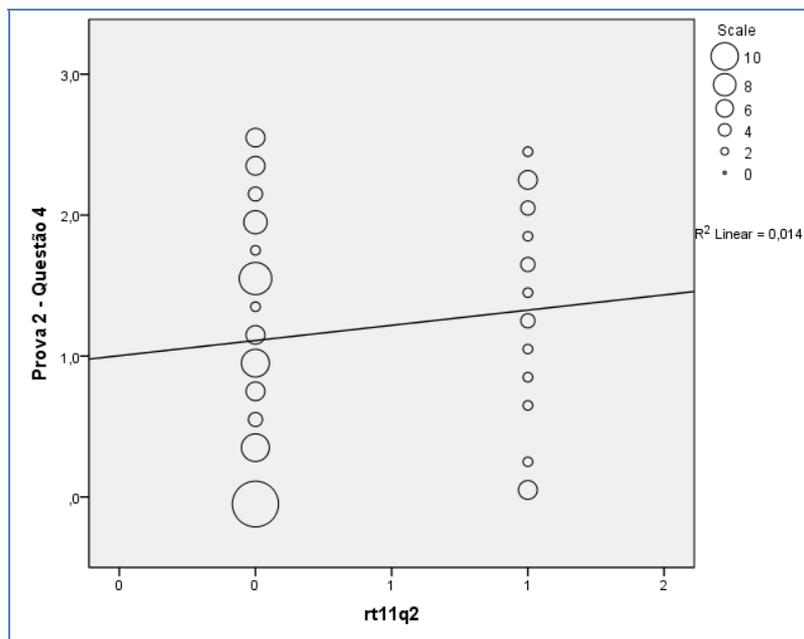


Figura 4.18 – Relação entre a nota da questão 4 da segunda prova e o item 2 do teste 11.

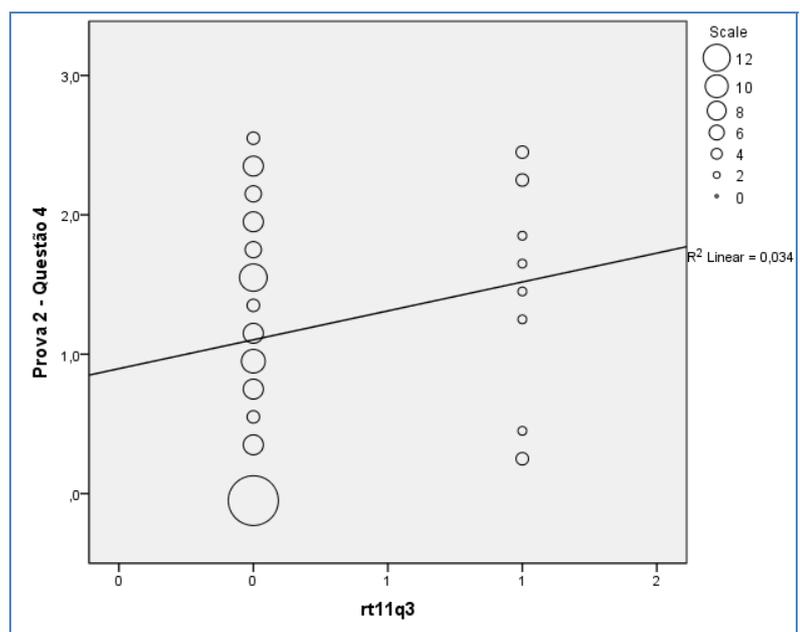


Figura 4.19 – Relação entre a nota da questão 4 da segunda prova e o item 3 do teste 11.

### 4.2.3 Resultados por turma

Alguns fatores de grande influência no resultado dos testes são a composição das turmas, o tipo de aula ministrada e o uso que o professor fazia dos resultados dos testes. Para uma primeira avaliação do grau de importância destes fatores nos resultados, apresentamos a seguir relações entre as notas das provas e dos testes para duas turmas diferentes. A turma que chamaremos de “A” foi escolhida por ter sido a turma que realizou o maior número de testes (9 dos 11). O professor desta turma se destacou dos outros pela valorização dos testes, o que se traduziu em uma regularidade na aplicação e na análise dos resultados. A turma que chamaremos de “B” foi escolhida por possuir o maior número de alunos (115).

Na Figura 4.20, é apresentado o fator de correlação  $R^2$  entre a média final do aluno e a média nos testes para o conjunto de todas as turmas, para a turma A e para a turma B. Nas Figuras 4.21 e 4.22, são feitas, para a mesma divisão entre as turmas, a comparação entre os fatores de correlação entre a nota da primeira prova e a média dos 6 primeiros testes e entre a nota da segunda prova e a média dos 5 últimos testes.

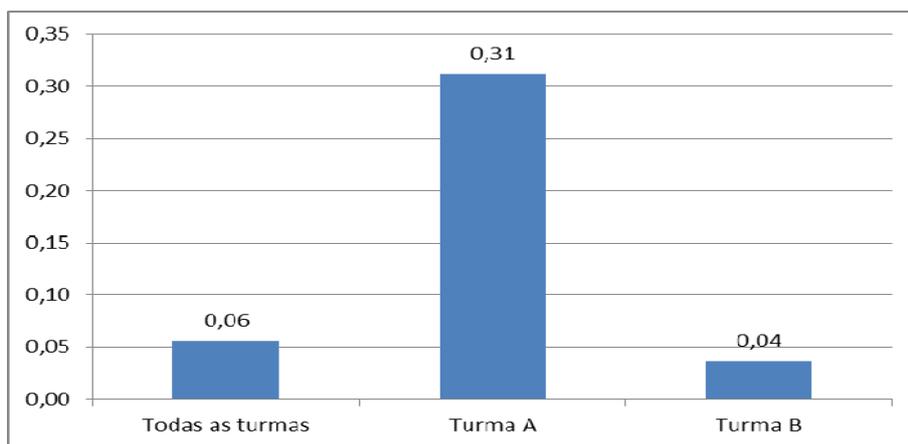


Figura 4.20 – Correlação entre a média final do aluno e a média nos testes.

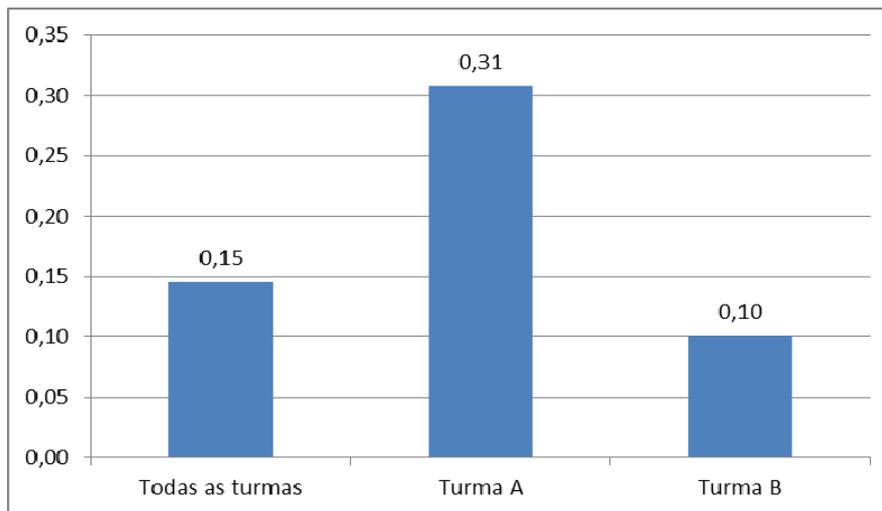


Figura 4.21 – Correlação entre a nota da primeira prova e a média dos testes de 1 a 6.

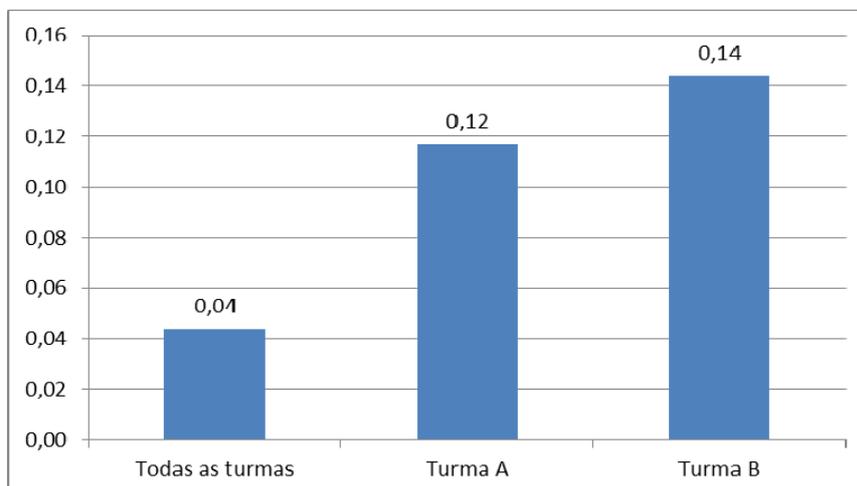


Figura 4.22 – Correlação entre a nota da segunda prova e a média dos testes de 6 a 11.

Percebemos a clara influência da turma, do tipo de aula e do enfoque dado pelo professor ao teste conceitual aplicado. A turma em que o teste foi regularmente aplicado apresentou uma correlação muito maior que a geral em todas as análises realizadas, muito embora mesmo para esta turma a correlação tenha ficado muito abaixo do esperado. Este resultado mostra a vantagem de se utilizar testes conceituais como parte da avaliação de modo a transformar a avaliação em um processo ativo onde professor e aluno podem acompanhar o grau de desenvolvimento cognitivo bem como medir e avaliar esforços e estratégias de ensino-aprendizagem.

### 4.3- ANÁLISE DAS QUESTÕES DO MBT

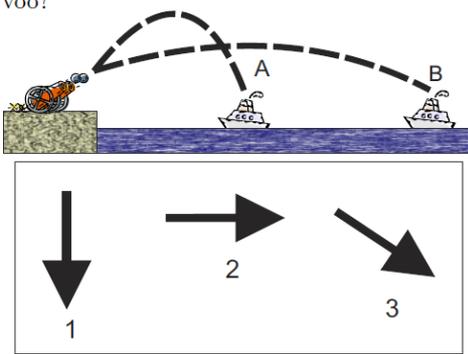
Barbeta e Yamamoto [BARBETA 2002] realizaram um estudo com as questões do Mechanics Baseline Test - MBT, no Centro Universitário da FEI em São Paulo entre 1999 e 2000, aplicando-as a 771 alunos no 2º semestre de 1999 e a 814 alunos no 2º semestre de 2000. Em ambos os períodos, assim como em nosso trabalho, as questões foram aplicadas a alunos de Física I da engenharia. Em [BARBETA 2002], também foram apresentados resultados do MBT aplicados a alunos de ensino médio do Colegial Arizona e alunos da Universidade de Harvard, ambos nos Estados Unidos.

As questões de nossos testes que eram semelhantes ou iguais as do MBT foram:

- Questão 4 do teste 2 (Figura 4.23)
- Questão 1 do teste 4 (Figura 4.24)
- Questão 5 do teste 5 (Figura 4.25)

A questão 4 do teste 2 não era idêntica à do MBT, mas a pergunta e a resposta eram as mesmas; já as outras duas eram idênticas a questões do MBT.

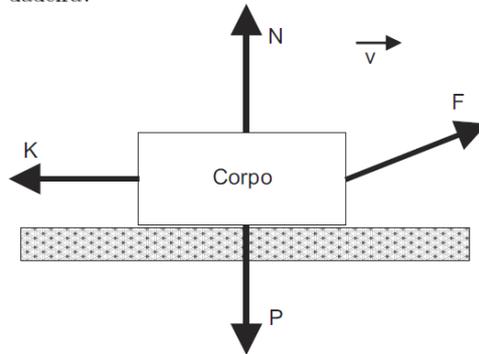
4. Dois canhões disparam simultaneamente projéteis em direção a dois navios. As trajetórias parabólicas dos projéteis são mostradas a seguir. Desprezando-se a resistência do ar, qual dos vetores melhor representa a aceleração dos projéteis enquanto estão em voo?



(a) 1  
(b) 2  
(c) 3  
(d) Depende da localização do projétil

Figura 4.23 – Questão 4 do teste 2.

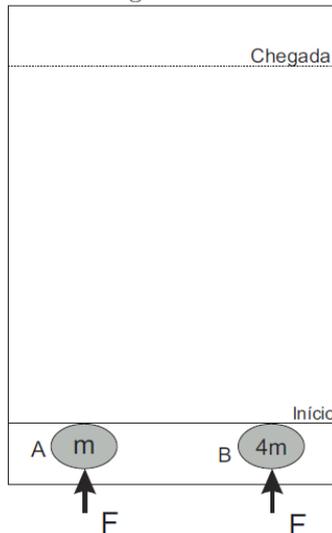
1. Uma pessoa puxa um corpo sobre uma superfície rugosa e horizontal com velocidade constante, aplicando uma força de módulo  $F$ . O diagrama a seguir mostra as direções das forças que atuam sobre o corpo. Qual das relações entre  $P$ ,  $K$ ,  $N$  e  $F$  é verdadeira?



- (a)  $F > K$  e  $N < P$   
 (b)  $F = K$  e  $N = P$   
 (c)  $F = K$  e  $N > P$   
 (d)  $F < K$  e  $N = P$   
 (e) Nenhuma das anteriores é correta

Figura 4.24 – Questão 1 do teste 4.

4. No diagrama a seguir, dois objetos são empurrados sobre uma superfície horizontal sem atritos. A massa de A é quatro vezes menor que a de B. Os dois objetos partem do repouso e são empurrados por forças iguais. Qual dos dois cruza a linha de chegada com maior energia cinética?



- (a) Ambos cruzam com a mesma energia cinética.  
 (b) A  
 (c) B  
 (d) são necessárias mais informações para responder.

Figura 4.25 – Questão 4 do teste 5.

A seguir, na Figura 4.26, mostramos uma comparação destes resultados com os de nossos alunos.

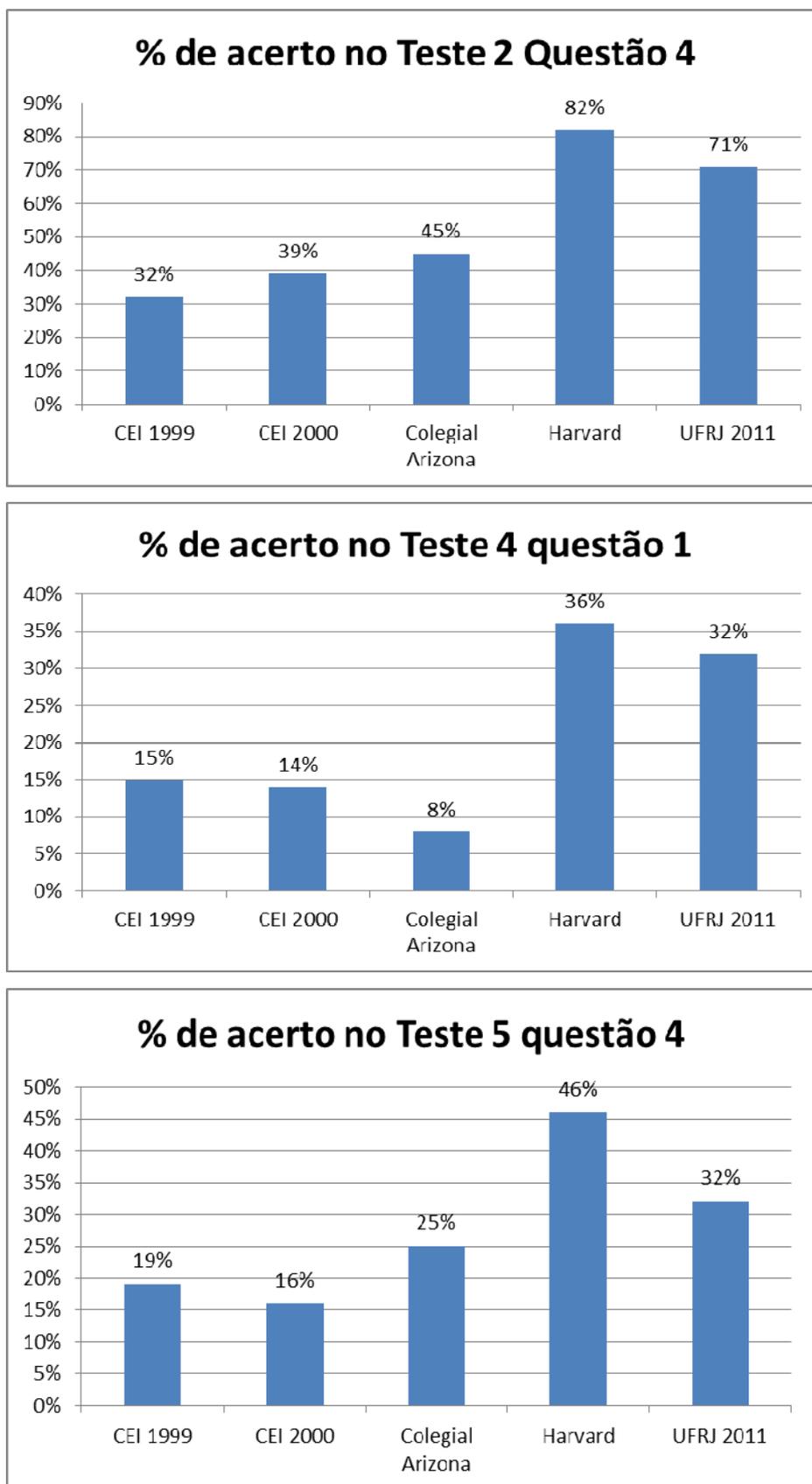


Figura 4.26 – Comparação entre UFRJ, Harvard, Colegial Arizona e CEI.

Observamos que os resultados dos alunos que foram alvo de nosso trabalho (UFRJ 2011/2) são compatíveis com a realidade das instituições envolvidas na comparação.

No próximo capítulo apresentamos as conclusões obtidas a partir dos resultados discutidos neste capítulo e uma proposta de utilização dos testes conceituais.

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO**

Neste capítulo, apresentamos uma discussão dos resultados obtidos neste trabalho bem com uma sugestão de utilização dos testes e da metodologia desenvolvidos como ferramenta de melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

### **5.1- QUESTÕES CONCEITUAIS X QUESTÕES TRADICIONAIS**

A pouca existência de correlação entre os resultados obtidos em questões conceituais e em problemas tradicionais, aliada a outros resultados obtidos, indica que algumas das grandes dificuldades no ensino de ciências não estão sendo superadas com os métodos atuais de ensino. A maneira com que a física é ensinada atualmente não é muito diferente da maneira que era ensinada no início da década de 80, quando havia um público muito menor e mais especializado. A importância da física como disciplina fundamental para diferentes áreas do conhecimento e o número de estudantes em disciplinas de física aumentaram consideravelmente, ao mesmo tempo em que a proficiência em física destes estudantes diminuiu. Isto tornou o ensino de física básica um grande desafio e gerou uma série de dificuldades que levam o estudante a achar a física desinteressante por se resumir a um conjunto de fórmulas utilizadas para resolver exercícios.

Em uma aula tradicional com demonstrações de equações e resoluções de exercícios de um livro texto somente, as crenças e intuições pessoais acerca de fenômenos físicos comuns não são confirmadas ou corrigidas. Esses pré-conceitos alteram a forma como os estudantes interpretam e absorvem o que lhes é apresentado durante o curso e precisam ser investigados e eventualmente corrigidos, o que em geral não acontece nos cursos tradicionais que não alteram ou alteram muito pouco estes pré-conceitos.

Em um exemplo clássico, percebemos que muitos estudantes podem aplicar corretamente as equações das leis de Newton e resolver exercícios complicados, mas sem entender os conceitos físicos presentes. Isto é possível pois os estudantes resolvem os problemas tradicionais memorizando

algoritmos e fórmulas sem entender completamente a o raciocínio físico por trás deles.

Outro ponto importante é que o professor constantemente se engana sobre o quanto seus estudantes aprenderam ou entenderam do que foi ensinado. Os estudantes por sua vez também se sentem frustrados ao perceber que a “receita” que utilizaram para resolver alguns problemas não funciona em todos os casos.

A seguir apresentamos os resultados dos alunos nos problemas conceituais e nas provas tradicionais. Na Figura 5.1 está o histograma das médias dos testes aplicados, cuja média foi 5,0; na Figura 5.2 está o histograma da média da provas tradicionais, elaboradas e aplicadas pela equipe da disciplina, cuja média foi 6,0.

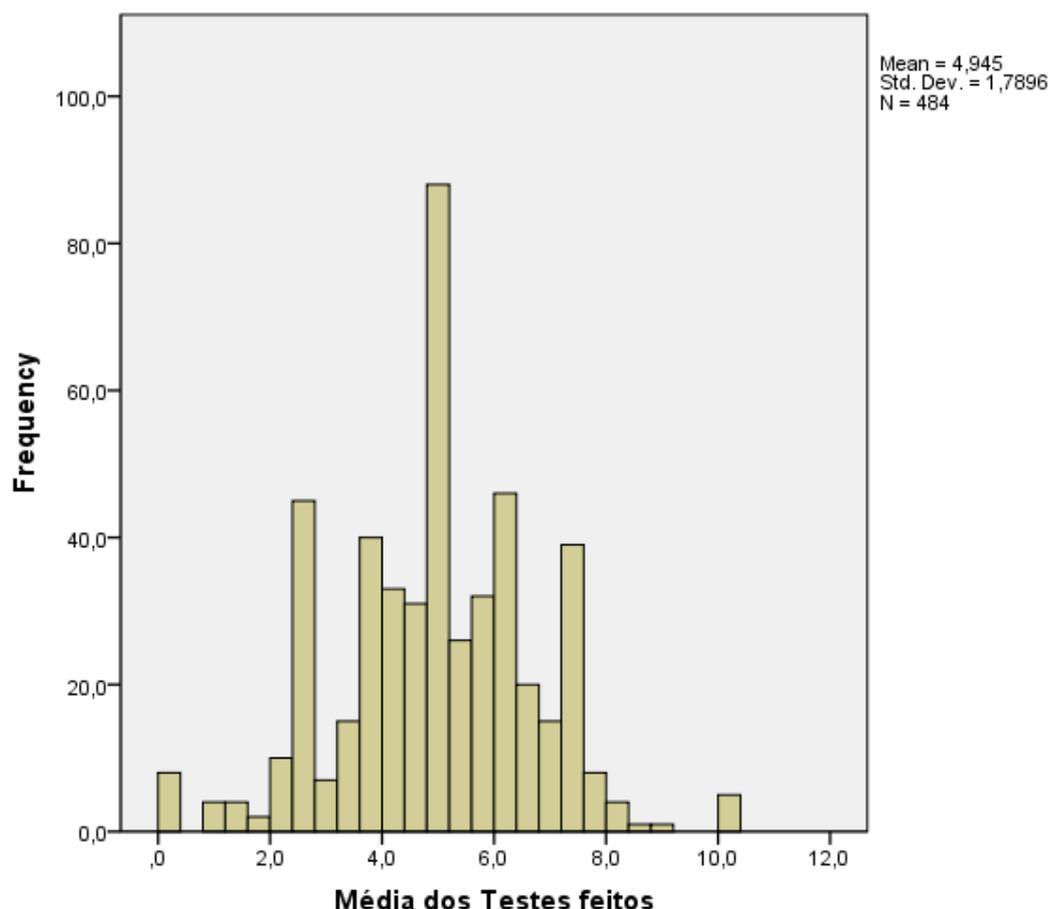


Figura 5.1 – Histograma dos resultados dos testes conceituais (média).

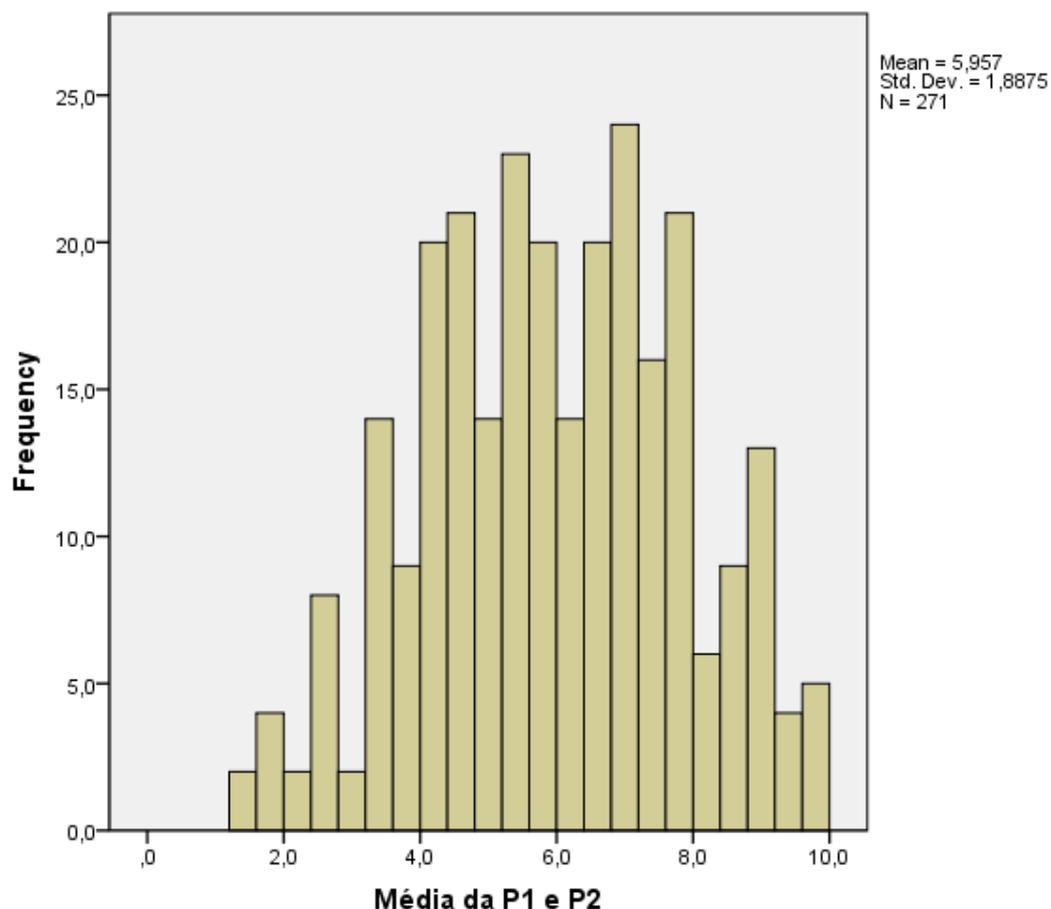


Figura 5.2 – Histograma dos resultados das provas tradicionais (média de P1 e P2).

Este resultado, aliado à baixa correlação entre os resultados obtidos nos problemas tradicionais e nas questões conceituais apresentada no capítulo anterior, mostra claramente que o sistema atual de ensino ainda privilegia o foco em “receitas” ou como encontramos em alguns livros texto utilizados em física básica “estratégias para resolução de problemas”, sem dar a devida atenção aos conceitos envolvidos.

## 5.2- ALGUMAS INFORMAÇÕES QUALITATIVAS QUE EMERGEM DOS RESULTADOS DOS TESTES

No Apêndice, apresentamos uma discussão item a item dos testes aplicados. Para cada um dos itens, ou questões, há a apresentação do conceito envolvido no item, um comentário e uma justificativa de cada um dos denominados distratores [HALADYNA 2004], a apresentação na forma de um histograma da frequência de marcação de cada uma das opções.

A leitura cuidadosa desse Apêndice fornece alguns dados relevantes para os docentes preocupados com o processo de aprendizagem. É surpreendente verificar que alguns conceitos muito simples (velocidade, aceleração, energia cinética, por exemplo) já extensivamente discutidos no ensino médio ainda não foram corretamente apreendidos pelos estudantes de nível superior.

Como exemplos, podemos citar o resultado do item 2 do Teste 1; 22,5 % dos alunos afirma que a aceleração no movimento de queda livre é para cima quando o corpo sobe e para baixo quando o corpo desce, evidenciando a confusão entre os conceitos de velocidade e aceleração. Esta confusão está presente também no item 2 do Teste 4, onde 33,4% dos alunos afirma que o helicóptero está subindo quando o correto é que ele está acelerando para cima.

Também a não compreensão da independência dos movimentos nas direções horizontal e vertical no lançamento de projéteis fica clara no resultado do item 3 do teste 2. Este item, cuja exigência cognitiva é alta (exige capacidade de síntese), apresenta apenas 18% dos alunos com resposta correta. Surpreendentemente, 40% deles afirmam faltarem dados para a resolução do problema, indicando fortemente a importância que os alunos dão à tendência de aplicação de algoritmos e memorização de fórmulas para resolver problemas.

De forma ainda mais surpreendente, os fracos resultados dos itens que exigem a compreensão conceitual de vetores emergem de forma clara, ao longo de todos os testes. Em particular, os últimos testes, em que são abordados os temas de torque e momento angular, e envolvem produtos vetoriais, apresentam resultados desanimadores.

Como exemplo, citamos o resultado do item 1 do Teste 10. Essa é uma questão simples, bastante intuitiva, em que se pergunta qual a direção da força aplicada produz maior torque. Os alunos respondem aleatoriamente: há 25% de respostas para cada uma das possibilidades apresentadas, até no caso em que não há rotação.

Em última análise, não é possível supor que os alunos já têm um conhecimento básico em relação à álgebra linear, especificamente sobre vetores e suas operações. As consequências dessa hipótese falsamente assumida, e a não apresentação cuidadosa do tema, são a incapacidade dos alunos na compreensão posterior de conceitos fundamentais para a compreensão da física como momento angular (e futuramente campos eletromagnéticos).

Os resultados dos testes, que podem ser entregues ao professor da turma em questão de horas após a sua aplicação, possibilitam um trabalho de avaliação de aprendizagem realmente formativa, isto é, com correções de rumo, reforços na discussão conceitos, entre outros.

### **5.3- UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DOS TESTES CONCEITUAIS**

Com o crescente número de estudantes nos cursos de física básica existe uma sobrecarga de trabalho sobre o professor que dificulta ainda mais o processo de ensino-aprendizagem. A utilização de testes conceituais produzidos e corrigidos de forma semi-automatizada com o AtenaME não geraria um aumento significativo na carga de trabalho do professor, podendo até significar uma redução, dependendo de como o professor opte por utilizar os testes. Mas o ponto mais importante nas utilização destes testes é que, ao aplicar o teste conceitual logo após a apresentação em aula do conceito, o professor pode imediatamente após a aula ter um panorama das dificuldades conceituais apresentadas pelos alunos e pode rapidamente atuar na correção destas dificuldades. Isto é possível pois a correção e o resultado dos testes são feitos de forma automatizada, deixando que o foco do professor seja no desenvolvimento de estratégias para melhoria do ensino e não no trabalho braçal de preparar, aplicar e corrigir diversos testes.

A utilização dos testes conceituais, como ferramenta de melhora do ensino conceitual certamente provocará ainda uma melhoria do desempenho dos estudantes em problemas tradicionais, como foi reportado por Mazur [MAZUR 1997]. Em seu trabalho Mazur comparou os resultados de alunos no Mechanics Baseline Test antes e depois de uma série de aulas em que o foco era a discussão conceitual . Os resultados mostraram que o tempo gasto com as discussões conceituais não foram em detrimento das habilidades em resolver problemas e que o resultado dos alunos em provas tradicionais melhorou consideravelmente.

Finalmente, consideramos que o conjunto de testes apresentado no Apêndice constitui uma base sólida para a elaboração e montagem de um banco de itens para a disciplina de Mecânica Introdutória.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[ARONS 1997] Arnold B. Arons, Teaching Introductory Physics. New York: John Wiley & Sons, 1997.

[BABBIE 2005] Earl Babbie, Métodos de Pesquisa de Survey. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

[BARBETA 2002] Vagner Bernal Barbeta e Issao Yamamoto, Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia, Revista Brasileira de Ensino de Física, Vol. 24, Nº 3, Setembro de 2002, p. 324-341.

[BRASE 2007] Charles Henry Brase e Corrinne Pellillo Brase, Understanding Basic Statistics, Houghton Mifflin Company, 2007.

[BUCHWEITZ 1975] Bernardo Buchweitz, Testes de Múltipla Escolha e de Resposta Livre em Física Geral, Reunião anual da SBPC, 1974.

[ENEM 2009]

[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13318&Itemid=921](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13318&Itemid=921), Matriz de referência para o novo ENEM, acesso em agosto de 2012.

[GLEISER 2000] Marcelo Gleiser, Por que ensinar Física? A Física na Escola, v.1, n.1, p4-5, maio de 2000.

[HALADYNA 2004] Thomas M. Haladyna, Developing an Validating Multiple-Choice Test Items, 3<sup>rd</sup> Edition. Mahwah: Lawrence Earlbaum, 2004.

[INEP 2012] <http://portal.inep.gov.br/web/censo-da-educacao-superior/evolucao-1980-a-2007> acesso em julho de 2012.

[INEP 2012] <http://portal.inep.gov.br/web/censo-da-educacao-superior/evolucao-1980-a-2007>, acesso em julho de 2012.

[LEACH 2007] Phil Scott , Hilary Asoko e John Leach. Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In Abel, S. e Lederman, N.G. (Ed.), Handbook of Research on Science Education, Chapter 2, p. 31-56. New Jersey: Lawrence Earlbaum Associates, 2007.

[MAZUR 1997] Eric Mazur, Peer Instruction. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

[MCDERMOTT 1993] Lillian C. McDERMOTT. How we teach and how students learn – A mismatch?. American Journal of Physics, vol 61, no 4, 295-298, 1993.

[MCDERMOTT 1996] Lillian C. McDermott, Physics By Inquiry Volume I.

[OCDE 2009] <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/44455820.pdf>, acesso em setembro de 2012.

[OGILVIE 2007] C.A. Ogilvie, Moving Students From Simple to Complex Problem Solving. In Jonassen, D.H. Learning to solve complex scientific problems. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.

[PCN+ 2002] <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>, acesso em agosto de 2012.

[RESEARCH 2000] How People Learn, National Research Council.

[UFRJ.BR 2011]

<http://omnis.if.ufrj.br/~victor/Pub-FisIA2012-1P/Afisica/EmentaFIA.htm>, acesso em dezembro de 2011.

[VILLATORRE 2009] Aparecida Magalhães Villatorre, Ivanilda Higa e Silmara Denise Tychanowicz, Didática e Avaliação em Física.

[WHITE e GUNSTONE 1992] Richard White e Richard Gunstone, Probing Understanding. London: Falmer, 1992.

# APÊNDICE

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS ITENS DOS TESTES

Neste apêndice encontram-se os testes aplicados, com a análise da resposta e dos distratores e os resultados dos testes aplicados neste trabalho. Para cada item é feito um breve comentário sobre os conceitos envolvidos na elaboração e na resolução do item, bem como uma análise das possíveis dificuldades conceituais que levam o aluno a escolher cada distrator. Desta forma esse apêndice é uma contribuição aos professores de mecânica introdutória, tanto nos anos iniciais de um curso superior quanto no ensino médio, para a elaboração de testes e exames com caráter formativo, uma vez que após sua aplicação muitas dificuldades conceituais podem ser rapidamente detectadas e conseqüentemente corrigidas. A estatística apresentada em cada item, resultado da aplicação dos testes neste trabalho, pode servir de guia para apontar as dificuldades mais comuns e para uma primeira calibração quanto ao nível de dificuldade e a qualidade do item.

Temas dos testes:

Teste 1 – Conceitos básicos de cinemática.....	61 a 64
Teste 2 – Movimentos em mais de uma dimensão.....	65 a 68
Teste 3 – Compreensão das leis de Newton.....	69 a 73
Teste 4 – Fundamentos da dinâmica.....	74 a 77
Teste 5 – Energia cinética e trabalho de uma força.....	78 a 81
Teste 6 – A conservação da energia.....	82 a 85
Teste 7 – A conservação do momento linear.....	86 a 89
Teste 8 – Colisões entre partículas.....	90 a 93
Teste 9 – A conservação do momento angular.....	94 a 97
Teste 10 – Torque de uma força e momento angular.....	98 a 101
Teste 11 – Movimentos de rotação num plano.....	102 a 105

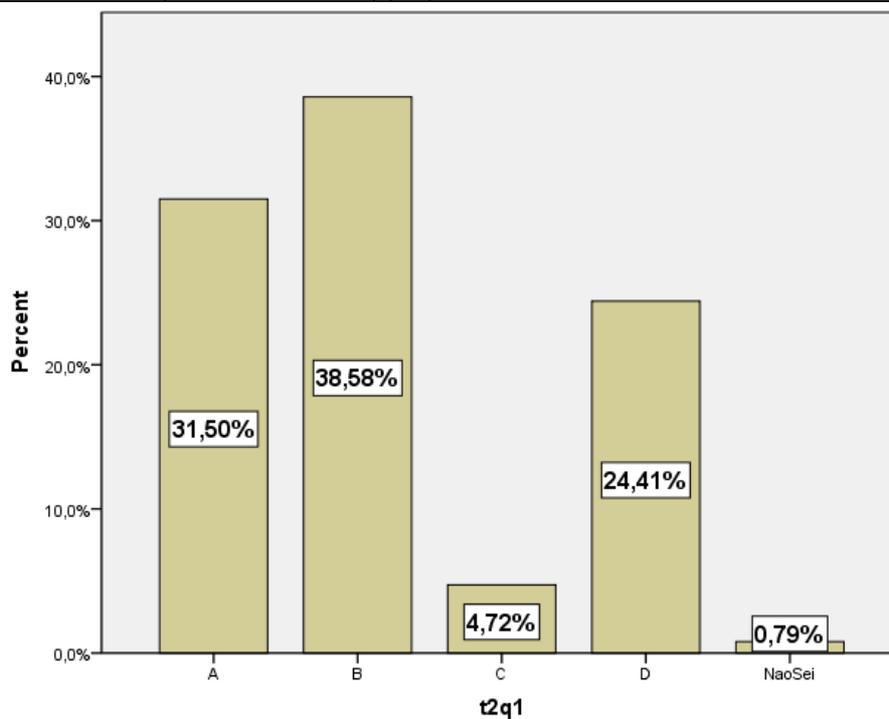
Teste 1 - Item #1 (T1Q1)														
<b>Conceitos abordados</b>	Posição, velocidade, deslocamento, tempo, intervalo de tempo.													
<b>Comentários</b>	A maneira (simplificada) com que algumas equações são apresentadas aos alunos dificulta o entendimento, pois símbolos iguais são utilizados para coisas diferentes (tempo e intervalo de tempo, posição e deslocamento).													
<b>Enunciado</b>	Uma pessoa caminha sobre uma estrada reta e plana, com velocidade constante. Ao passar pela marca de 5 km, seu relógio marca 1h. Quando seu relógio marca 3h, ela se encontra na marca de 9 km. Qual o valor do módulo de sua velocidade?													
<b>Resposta</b>	<b>a) 2 km/h</b>	Aplicação correta do conceito de velocidade média, que no MRU é a própria velocidade.												
<b>Distratores</b>	b) 3 km/h	O aluno utiliza a equação $v=d/t$ sem se dar conta de que d é deslocamento e não posição, sendo necessários 2 pontos para obtê-lo. Do mesmo modo não distingue entre instante de tempo e intervalo de tempo.												
	c) 5 km/h	Igual ao anterior, porém calculada com a 1ª posição fornecida.												
	d) 4,5 km/h	Apesar de entender o intervalo de tempo, assume que posição = deslocamento.												
<table border="1"> <caption>Data for the bar chart</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>77,48%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>15,32%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2,70%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>3,60%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,90%</td> </tr> </tbody> </table>			Resposta	Percent	A	77,48%	B	15,32%	C	2,70%	D	3,60%	NaoSei	0,90%
Resposta	Percent													
A	77,48%													
B	15,32%													
C	2,70%													
D	3,60%													
NaoSei	0,90%													

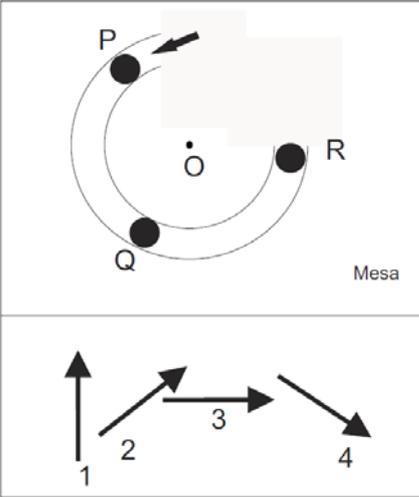
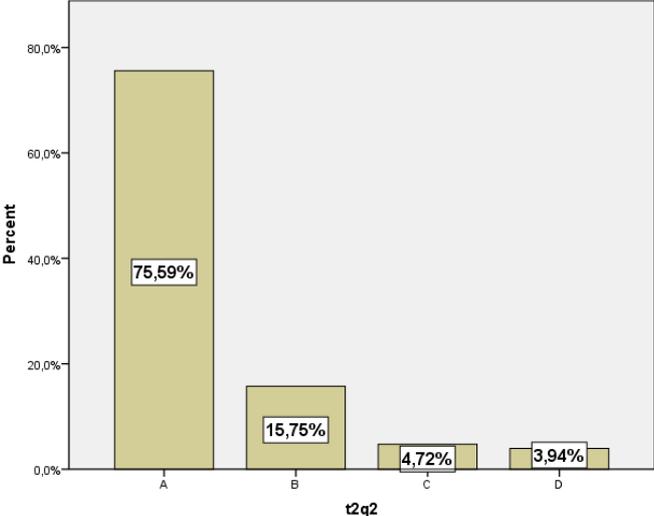
<b>Teste 1 - Item #2 (T1Q2)</b>													
<b>Conceitos abordados</b>	Velocidade, aceleração, lançamento vertical no vácuo.												
<b>Comentários</b>	A maioria dos estudantes ao tentar definir aceleração acaba dando uma definição semelhante ou igual a que eles deram para velocidade. O conceito de aceleração como uma variação na velocidade em um intervalo de tempo, por estar intrinsecamente ligado aos conceitos de intervalo de tempo e velocidade, é complicado para a grande maioria dos estudantes.												
<b>Enunciado</b>	Considere duas situações: Situação 1: uma bola é lançada verticalmente para cima; Situação 2: uma bola é largada do alto de uma torre. Despreze a resistência do ar. Qual das afirmativas está correta?												
<b>Resposta</b>	<p><b>a) Nas duas situações a bola tem a mesma aceleração.</b></p> <p>O aluno entende a diferença entre velocidade e aceleração, e percebe que em um movimento vertical no vácuo a aceleração é sempre a da gravidade.</p>												
<b>Distratores</b>	<p>b) Na primeira situação, a aceleração é vertical para cima e na segunda é vertical para baixo.</p> <p>Erro induzido pelo hábito de alguns professores e textos de adotarem referenciais diferentes em problemas de lançamento e queda livre, o que faz com que em alguns casos a gravidade seja positiva e em outros negativa.</p>												
	<p>c) A aceleração depende da velocidade com que a bola é lançada na situação I, e da altura que é largada na situação II.</p> <p>Esta resposta evidencia a confusão entre velocidade e aceleração. O “mais alto” ganharia mais velocidade e, portanto mais aceleração.</p>												
	<p>d) Nada podemos afirmar sobre as acelerações, pois não conhecemos as velocidades.</p> <p>O aluno percebe que há uma relação entre velocidade e aceleração, porém não entende que no movimento vertical no vácuo as acelerações são iguais e independem da velocidade, só dependendo da variação de velocidade.</p>												
<table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Barras</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>67,57%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>22,52%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>8,11%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>0,90%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,90%</td> </tr> </tbody> </table>		Alternativa	Percent	A	67,57%	B	22,52%	C	8,11%	D	0,90%	NaoSei	0,90%
Alternativa	Percent												
A	67,57%												
B	22,52%												
C	8,11%												
D	0,90%												
NaoSei	0,90%												

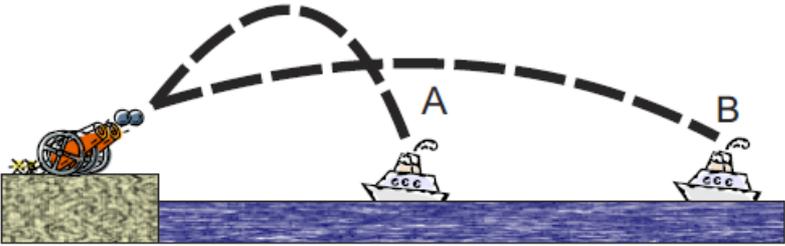
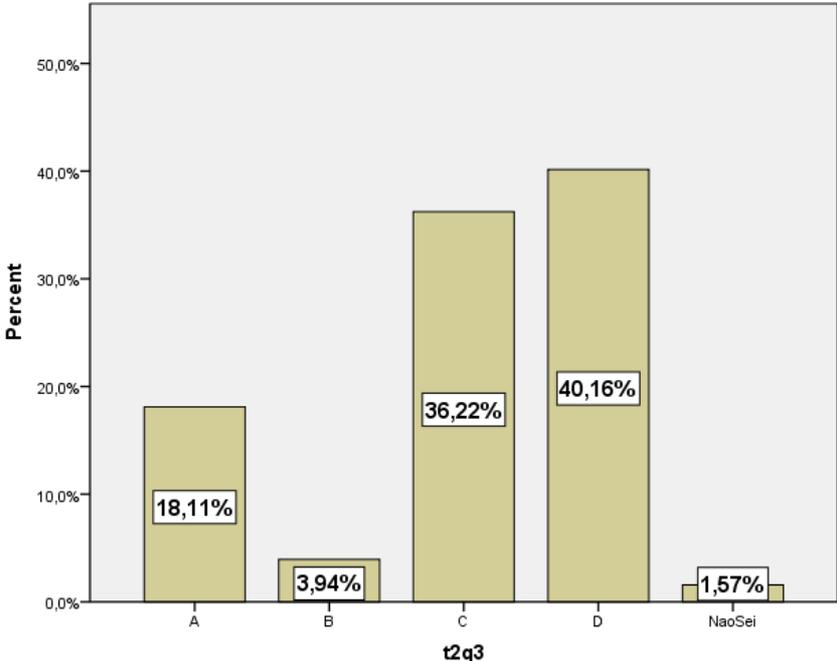
Teste 1 - Item #3 (T1Q3)															
<b>Conceitos abordados</b>	Velocidade, aceleração, movimento com aceleração variável.														
<b>Comentários</b>	Este item confronta o estudante com um movimento com aceleração não constante o que apesar de bastante enriquecedor é raro em cursos introdutórios.														
<b>Enunciado</b>	Um objeto move-se sobre uma linha reta, o eixo X. No instante $t=0$ parte do repouso da coordenada $x=0$ . No instante $t=5s$ sua coordenada $x$ vale 40m e sua velocidade, 11m/s. O que podemos afirmar sobre sua aceleração?														
<b>Resposta</b>	<p><b>a) É variável</b></p> <p>Ao calcular a aceleração com as velocidades fornecidas, e em seguida a posição com a aceleração encontrada, percebe-se que a posição encontrada é menor que 40m, o que nos leva à conclusão de que a aceleração é variável, ou seja, as equações do MUV não se aplicam.</p>														
<b>Distratores</b>	<p><b>b) É igual a zero.</b></p> <p>O aluno, conhecendo o conceito de aceleração, deve perceber que a aceleração não pode ser zero uma vez que a velocidade está variando.</p>														
	<p><b>c) É constante diferente de zero.</b></p> <p>Em se tratando de cinemática há uma tendência do aluno a esperar que a aceleração sempre seja constante. Ao calcular a aceleração com as funções horárias da velocidade e da posição o aluno deve encontrar resultados diferentes, e deve concluir que a aceleração não é constante.</p>														
	<p><b>d) Com os dados apresentados nada podemos afirmar sobre sua aceleração.</b></p> <p>Mesmo o movimento não sendo uniformemente variado, podemos afirmar que sua aceleração não é constante, afinal o MUV é um tipo muito particular de movimento, e existe cinemática além do MUV!</p>														
<table border="1"> <caption>Percentagem de Respostas para o Item T1Q3</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>49,55%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1,80%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>25,23%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>21,62%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,90%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>0,90%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Porcentagem	A	49,55%	B	1,80%	C	25,23%	D	21,62%	NaoSei	0,90%	Branco	0,90%
Resposta	Porcentagem														
A	49,55%														
B	1,80%														
C	25,23%														
D	21,62%														
NaoSei	0,90%														
Branco	0,90%														

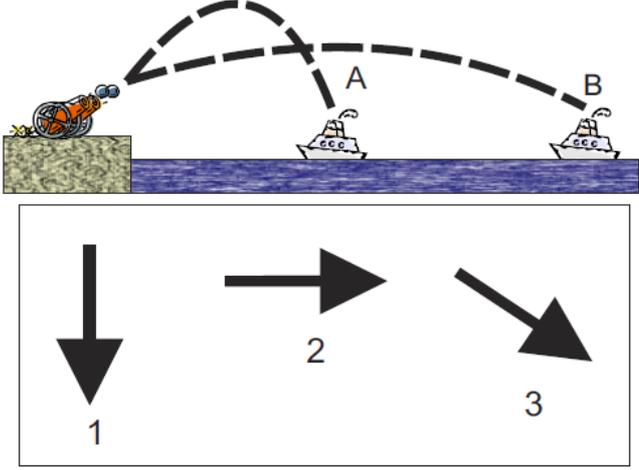
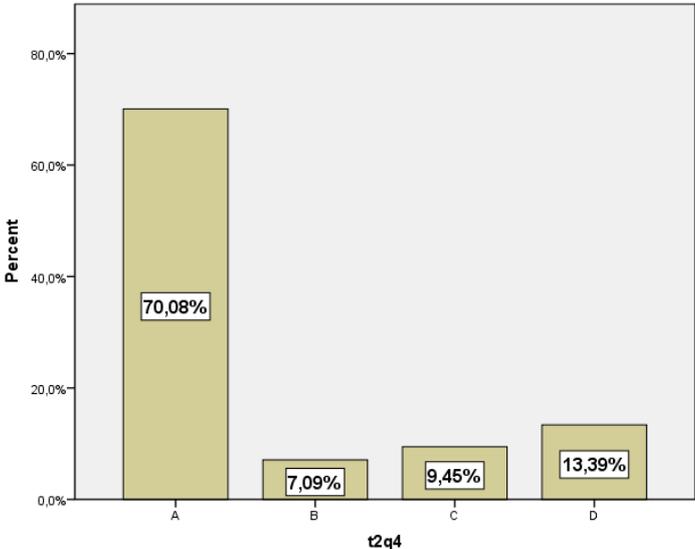
<b>Teste 1 - Item #4 (T1Q4)</b>											
<b>Conceitos abordados</b>	Velocidade, posição, leitura e interpretação de um gráfico.										
<b>Comentários</b>	Item que verifica a capacidade de leitura e interpretação de um gráfico de posição em função do tempo para descrever um determinado movimento.										
<b>Enunciado</b>	<p>O gráfico a seguir representa o movimento de um corpo sobre uma linha reta. Assinale a opção que descreve corretamente o movimento do corpo.</p>										
<b>Resposta</b>	<p><b>a) No instante <math>t=-4s</math>, o corpo encontra-se na posição <math>x=-1</math> m. Continua nesta posição durante 4s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade 1 m/s até atingir a posição <math>x=1</math>m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante <math>t=5s</math>.</b></p> <p>O aluno lê e interpreta corretamente o gráfico, identificando as grandezas representadas por cada eixo, percebendo que na região onde o gráfico é uma reta horizontal o móvel está em repouso, e que na região com inclinação a velocidade é constante e positiva e pode ser calculada pela inclinação da reta que nos dá entre razão deslocamento e tempo.</p>										
<b>Distratores</b>	<p>b) No instante <math>t=-4s</math>, o corpo encontra-se na posição <math>x=-1</math> m. Continua nesta posição durante 4s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade 1 m/s até atingir a posição <math>x=0</math>m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante <math>t=5s</math>.</p> <p>Erro de leitura do gráfico.</p>										
	<p>c) No instante <math>t=-4s</math>, o corpo encontra-se na posição <math>x=-1</math> m. Continua nesta posição durante 4s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade 2 m/s até atingir a posição <math>x=1</math>m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante <math>t=5s</math>.</p> <p>Erro no cálculo da velocidade.</p>										
	<p>d) No instante <math>t=0s</math>, o corpo encontra-se na posição <math>x=-1</math> m. Continua nesta posição durante 4s, e repentinamente começa a mover-se com velocidade 1 m/s até atingir a posição <math>x=1</math>m. Neste momento, sua velocidade fica nula e assim permanece até o instante <math>t=5s</math>.</p> <p>Erro de leitura do gráfico.</p>										
<table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>81,08%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>6,31%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2,70%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>9,91%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	81,08%	B	6,31%	C	2,70%	D	9,91%
Opção	Porcentagem										
A	81,08%										
B	6,31%										
C	2,70%										
D	9,91%										

<b>Teste 2 - Item #1 (T2Q1)</b>	
<b>Conceitos abordados</b>	Módulo, direção e sentido dos vetores velocidade e aceleração, princípio da independência dos movimentos, velocidade e aceleração resultantes.
<b>Comentários</b>	Apesar de muitos alunos reconhecerem que em um movimento circular uniforme os vetores velocidade e aceleração são perpendiculares, poucos entendem o conceito de que se o módulo da velocidade não for constante a aceleração resultante não será a centrípeta e tampouco em direção ao centro da trajetória e portanto perpendicular a velocidade.
<b>Enunciado</b>	Um móvel se desloca de forma que o módulo de sua velocidade diminui. Em que situação seus vetores velocidade e aceleração são perpendiculares?
<b>Resposta</b>	<b>a) Nunca.</b> Velocidade e aceleração só serão perpendiculares no movimento circular uniforme, que não é o caso proposto.
<b>Distratores</b>	b) A trajetória é circular. Apesar de a trajetória ser circular, o módulo da velocidade diminui, o que resulta em uma aceleração não perpendicular à trajetória e, portanto não perpendicular à velocidade que é tangente à trajetória. O aluno não identifica que o movimento não é o circular uniforme.
	c) A trajetória é retilínea. Em uma trajetória retilínea os vetores velocidade e aceleração são paralelos.
	d) A trajetória é parabólica. Velocidade e aceleração só serão perpendiculares no movimento circular uniforme, que não é o caso proposto.

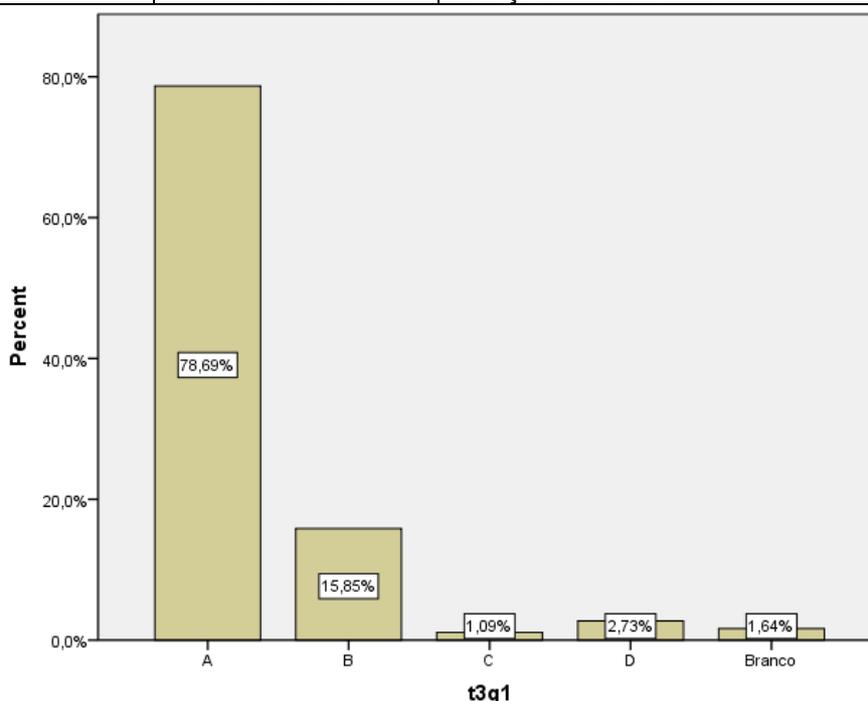


<b>Teste 2 -Item #2 (T2Q2)</b>											
<b>Conceitos abordados</b>	Módulo, direção e sentido dos vetores velocidade e aceleração, princípio da independência dos movimentos.										
<b>Comentários</b>	Apesar de muitos alunos reconhecerem que em um movimento circular uniforme os vetores velocidade e aceleração são perpendiculares, poucos compreendem que se o módulo da velocidade não for constante a aceleração resultante não será a centrípeta (em direção ao centro da trajetória), não sendo perpendicular à velocidade.										
<b>Enunciado</b>	<p>Uma esfera se desloca em uma canaleta de formato circular de centro em O apoiada em uma mesa horizontal. Na figura a seguir mostramos a visão de um observador que olha a canaleta de cima. A esfera é lançada na canaleta pelo ponto P e sai pelo ponto R. Despreze os atritos. Assinale, dentre os vetores representados na figura a seguir, qual deles melhor representa a aceleração da esfera no ponto Q?</p> 										
<b>Resposta</b>	<p><b>a) 2</b> Desprezando os atritos o movimento será circular uniforme e a aceleração será a centrípeta que tem direção radial e sentido centro da trajetória.</p>										
<b>Distratores</b>	<p>b) 4 A velocidade é tangente à trajetória e poderia ser representada pelo vetor 4 e não a aceleração.</p>										
	<p>c) 3 Este seria o resultado se o módulo da velocidade estivesse aumentando, o que não é o caso.</p>										
	<p>d) 1 Se os atritos não fossem desprezíveis a aceleração resultante poderia ter esta direção.</p>										
 <table border="1"> <caption>Percentagem de acertos por opção</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>75,59%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>15,75%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>4,72%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>3,94%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	75,59%	B	15,75%	C	4,72%	D	3,94%
Opção	Porcentagem										
A	75,59%										
B	15,75%										
C	4,72%										
D	3,94%										

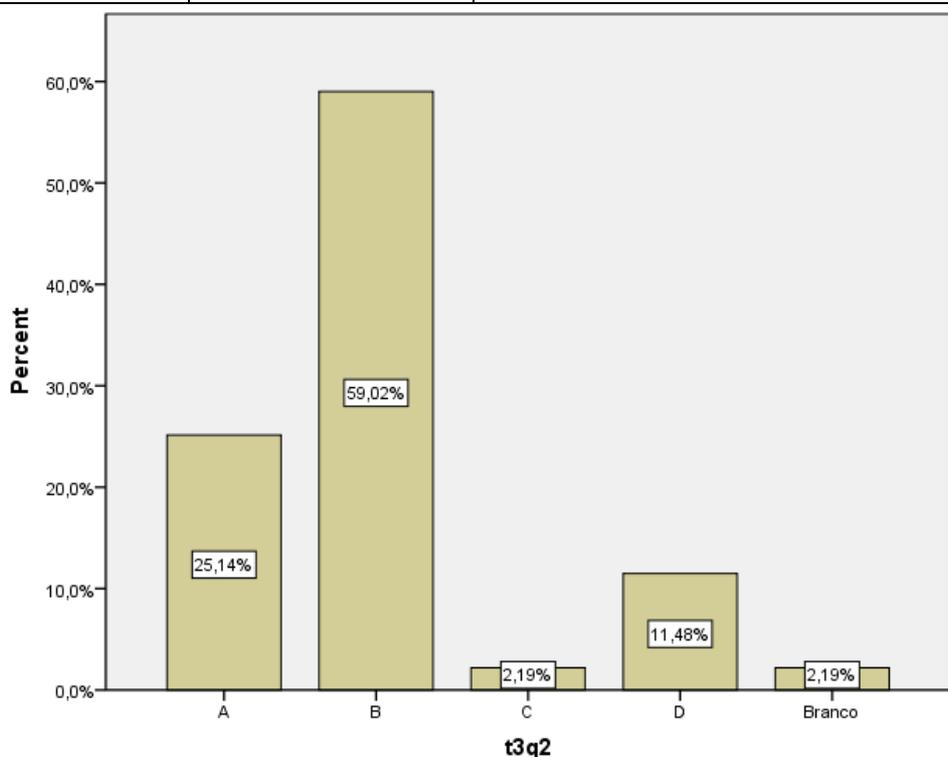
<b>Teste 2 - Item #3 (T2Q3)</b>													
<b>Conceitos abordados</b>	Relação entre tempo de voo, altura máxima e alcance em um lançamento oblíquo. Princípio da independência dos movimentos.												
<b>Comentários</b>	Em um lançamento vertical é bastante evidente para a grande maioria dos alunos que quanto maior a altura atingida maior será o tempo de voo; mas ao perguntarmos o mesmo para um lançamento oblíquo, a resposta não é tão evidente para a maioria dos alunos, o que mostra uma não compreensão do conceito de independência dos movimentos.												
<b>Enunciado</b>	<p>Dois canhões disparam simultaneamente projéteis em direção a dois navios. As trajetórias parabólicas dos projéteis são mostradas a seguir. Qual dos navios é atingido primeiro?</p> 												
<b>Resposta</b>	<b>a) B</b> O tempo de voo é proporcional à altura atingida.												
<b>Distratores</b>	<b>b) A</b> O aluno imagina que o mais próximo será atingido primeiro.												
	<b>c) Os dois ao mesmo tempo.</b> O tempo seria o mesmo se a velocidade no lançamento fosse horizontal.												
	<b>d) Impossível de determinar com os dados fornecidos.</b> O aluno acha que só pode descobrir a resposta aplicando fórmulas e calculando os valores o que não é verdade e não é possível sem mais dados.												
 <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Barras</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Percentual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>18,11%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3,94%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>36,22%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>40,16%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>1,57%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Percentual	A	18,11%	B	3,94%	C	36,22%	D	40,16%	NaoSei	1,57%
Opção	Percentual												
A	18,11%												
B	3,94%												
C	36,22%												
D	40,16%												
NaoSei	1,57%												

<b>Teste 2 - Item #4 (T2Q4)</b>											
<b>Conceitos abordados</b>	Vetores, princípio da independência dos movimentos, movimento no vácuo.										
<b>Comentários</b>	Para um projétil se movendo no vácuo, a única força que atua sobre ele é a força peso e, portanto, a aceleração do projétil em qualquer instante será a aceleração da gravidade.										
<b>Enunciado</b>	<p>Dois canhões disparam simultaneamente projéteis em direção a dois navios. As trajetórias parabólicas dos projéteis são mostradas a seguir. Desprezando-se a resistência do ar, qual dos vetores melhor representa a aceleração dos projéteis enquanto estão em voo?</p> 										
<b>Resposta</b>	<p>a) 1 No movimento no vácuo, a força resultante é o peso e a aceleração é a da gravidade em qualquer ponto da trajetória.</p>										
<b>Distratores</b>	<p>b) 2 Há uma confusão entre velocidade (componente horizontal) e aceleração. Possivelmente o aluno imagina que por se mover "para a frente" existe uma aceleração nesta direção.</p>										
	<p>c) 3 O aluno imagina que existem duas acelerações, a da gravidade e outra "para a frente" o que produz esta aceleração resultante. Mais uma vez a confusão conceitual entre aceleração e velocidade.</p>										
	<p>d) Depende da localização do projétil. Confusão total entre aceleração e velocidade. A velocidade depende da localização e não a aceleração.</p>										
 <table border="1"> <caption>Percentagem de Respostas para o Item t2q4</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>70,08%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>7,09%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>9,45%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>13,39%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	70,08%	B	7,09%	C	9,45%	D	13,39%
Opção	Porcentagem										
A	70,08%										
B	7,09%										
C	9,45%										
D	13,39%										

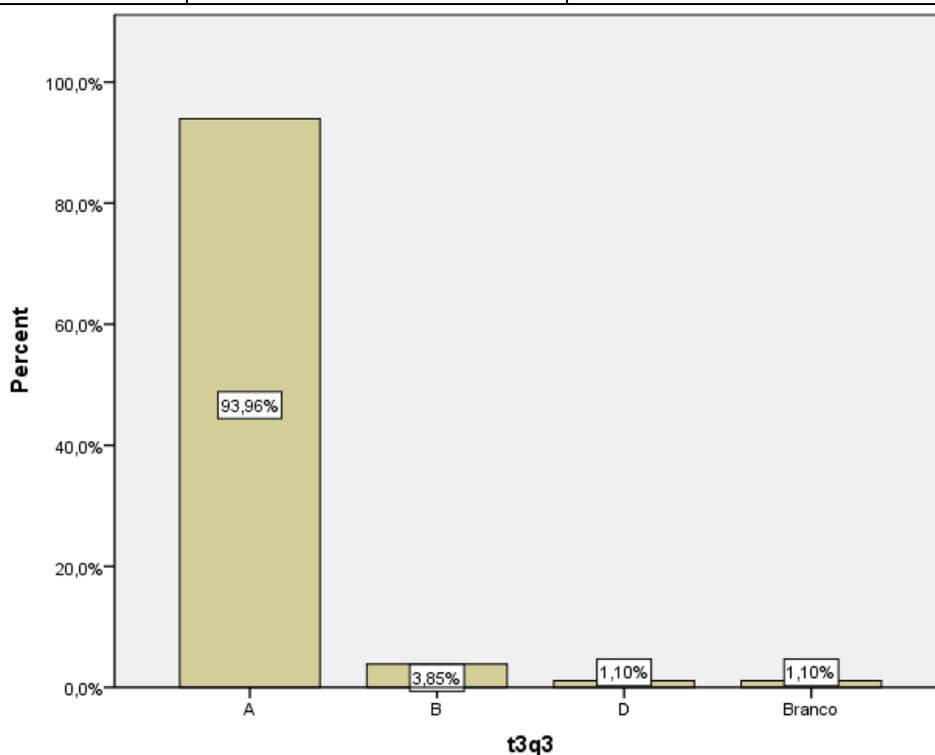
<b>Teste 3 - Item #1 (T3Q1)</b>	
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, 3ª lei de Newton.
<b>Comentários</b>	Um dos erros conceituais comuns decorrentes do uso comum da palavra força é o de que em uma colisão, o objeto que sofre maior variação de velocidade também sofre a ação de uma força de maior módulo, o que não está de acordo com o princípio da ação e reação que diz que as forças entre os corpos em uma colisão possuem mesma intensidade.
<b>Enunciado</b>	Uma mosca colide com o para-brisa de um ônibus que se move rapidamente. Qual dos dois sofre a ação de uma força de maior intensidade no impacto?
<b>Resposta</b>	<b>a) A intensidade da força sobre os dois é idêntica.</b> Aplicação correta da 3ª lei.
<b>Distratores</b>	b) A força sobre a mosca é maior do que a força sobre o ônibus. Erro conceitual, onde o aluno acha que o corpo que sofre maior variação de velocidade também sofre maior força, o que mostra uma confusão entre a 2ª e a 3ª Leis de Newton.
	c) A força sobre o ônibus é maior do que a sobre a mosca. Alternativa que só seria assinalada em caso de falta de atenção.
	d) A força sobre a mosca depende da velocidade do ônibus. Apesar de ser uma afirmativa correta, a força sobre o ônibus também dependerá da velocidade do ônibus e continuará sendo igual a força sobre a mosca.



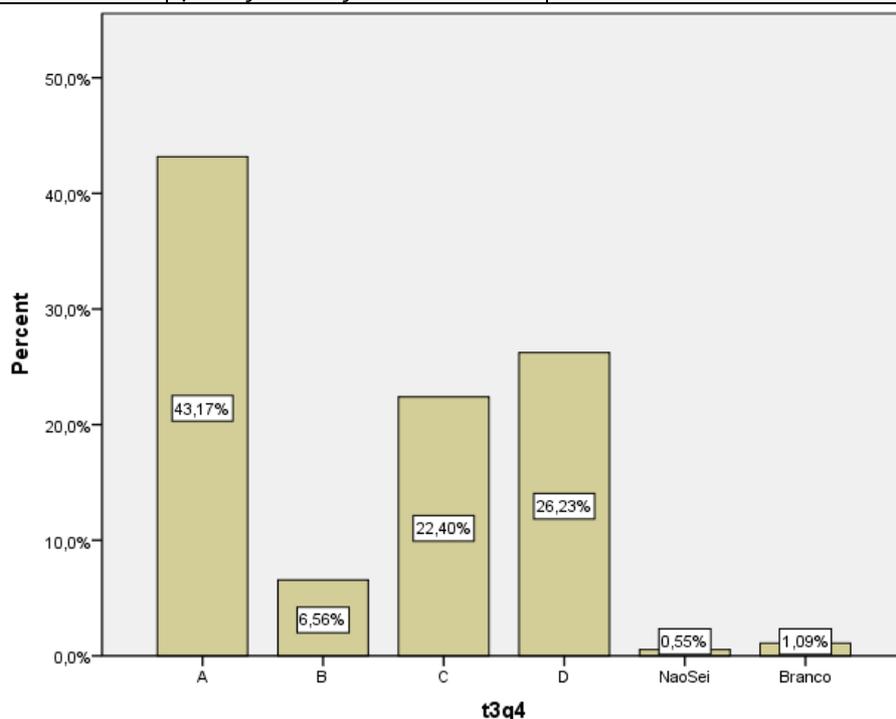
Teste 3 - Item #2 (T3Q2)	
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, 3ª lei de Newton, vetores.
<b>Comentários</b>	Além de aplicar corretamente a 2ª Lei de Newton o aluno deve entender o conceito de soma vetorial, bem como a notação vetorial.
<b>Enunciado</b>	Um livro de peso $\vec{P}$ está apoiado sobre um suporte horizontal dentro de um elevador. O elevador sobe com aceleração vertical e para cima constante $\vec{a}$ . A força de contato entre o bloco e a superfície é representada por $\vec{N}$ , e a resultante das forças que agem sobre o corpo é representada por $\vec{R}$ . A resultante vale:
<b>Resposta</b>	a) $\vec{R} = \vec{N} + \vec{P}$ Além de entender que a força resultante é dada pela 2ª Lei de Newton, o aluno deve saber que apesar de o módulo da resultante ser calculado por N-P, o vetor força resultante é obtido pela expressão ao lado.
<b>Distratores</b>	b) $\vec{R} = \vec{N} - \vec{P}$ Ao escolher este item o aluno mostra um conhecimento das Leis de Newton, mas não em sua forma vetorial. Vetores em geral não são bem estudados no ensino médio, o que gera sérias dificuldades conceituais.
	c) $\vec{R} = \vec{N}$ Alternativa pouco plausível, possivelmente assinalada apenas em caso de chute.
	d) $\vec{R} = 0$ A resultante somente seria zero se a velocidade fosse zero. O aluno desatento ao fato de que o sistema é acelerado escolheria este item.

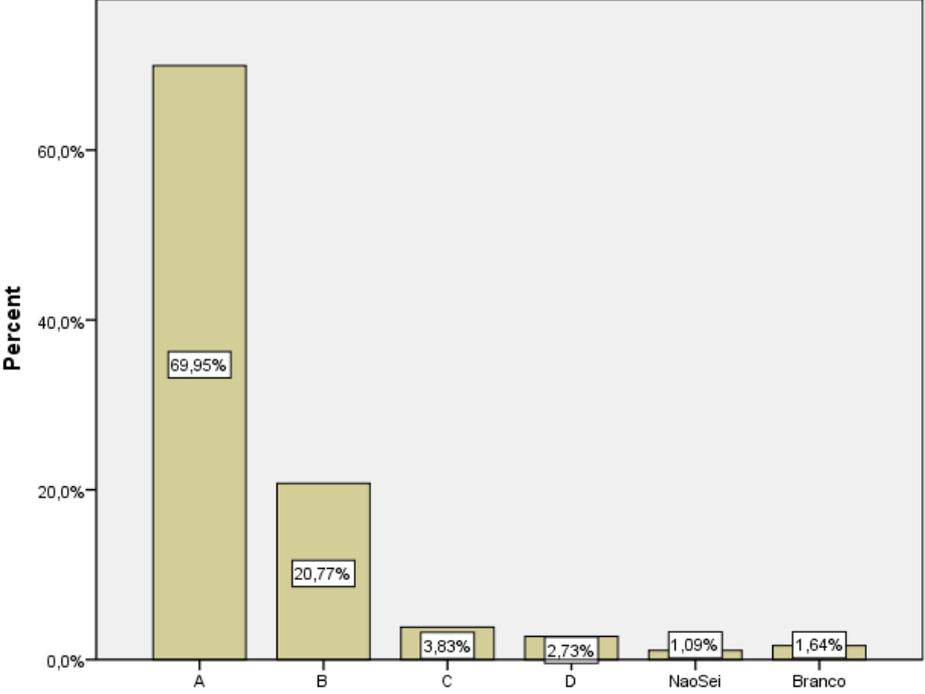


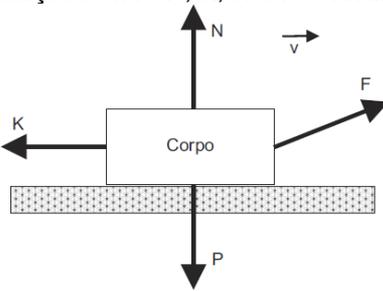
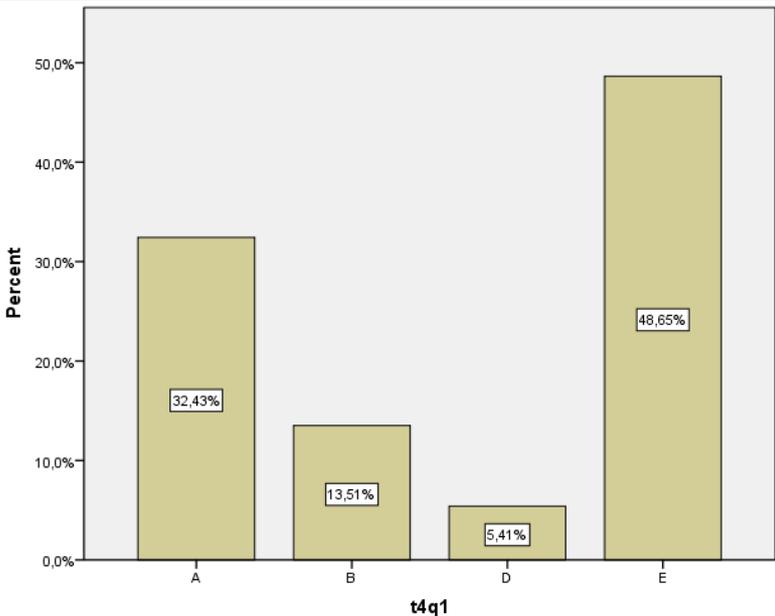
Teste 3 - Item #3 (T3Q3)	
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, 1ª e 2ª Leis de Newton.
<b>Comentários</b>	Item básico onde uma força resultante nula é associada a uma aceleração nula. Em geral o erro neste tipo de questão aumenta se o objeto estiver em MRU e não em repouso.
<b>Enunciado</b>	Um corpo de massa $m$ encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. Neste caso a força resultante sobre o corpo é:
<b>Resposta</b>	<b>a) Zero.</b> Se a aceleração é zero a força resultante também o será.
<b>Distratores</b>	b) igual ao peso. Alternativa marcada somente em caso de total desconhecimento do assunto.
	c) maior que o peso. Alternativa marcada somente em caso de total desconhecimento do assunto.
	d) menor que o peso. Alternativa marcada somente em caso de total desconhecimento do assunto.

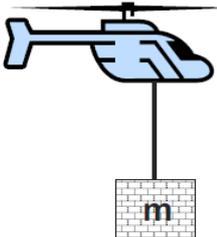
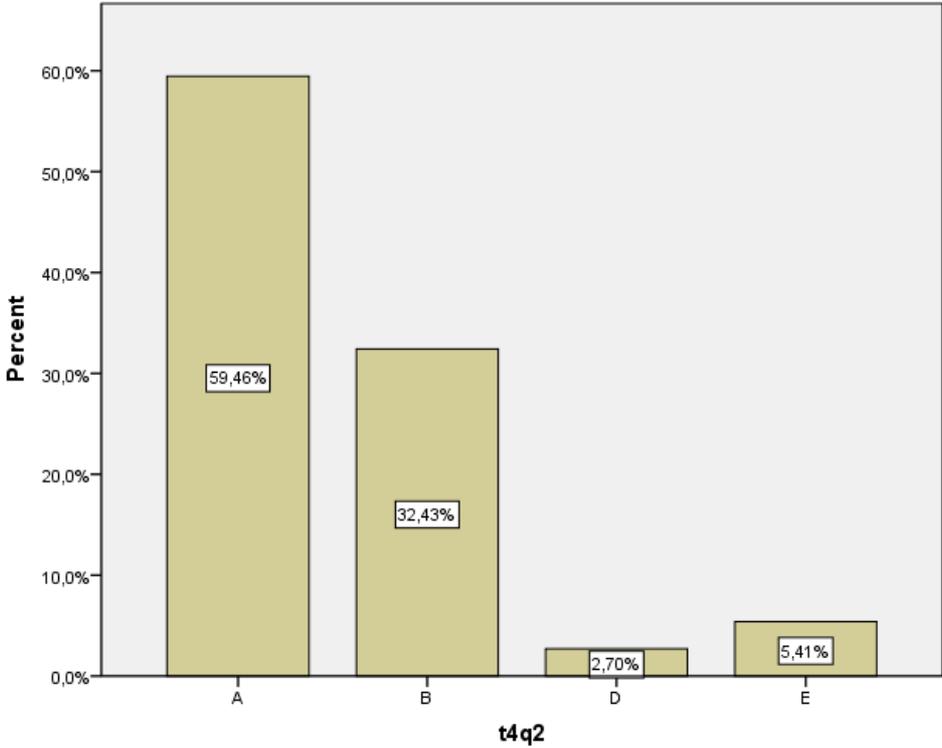


Teste 3 - Item #4 (T3Q4)	
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, Leis de Newton.
<b>Comentários</b>	Item básico sobre conceitos envolvendo as 3 Leis de Newton.
<b>Enunciado</b>	Assinale a afirmação correta:
<b>Resposta</b>	<p><b>a) A segunda lei de Newton afirma que uma força resultante é capaz de modificar a velocidade de um corpo.</b></p> <p>Aplicação correta da 2ª Lei de Newton.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) As forças básicas da natureza, que representam as interações fundamentais, são o peso, o atrito, a força elástica, a tração e a normal de contato.</p> <p>As forças citadas são forças comumente usadas em mecânica, mas não são as forças básicas da natureza (elétrica, magnética e nuclear).</p>
	<p>c) A força de atrito é uma força que sempre atrapalha (se opõe) ao movimento de um corpo.</p> <p>Conceito muito comum entre alunos de ensino médio, que têm dificuldade em entender, por exemplo, que ao caminharmos a força de atrito é que nos move.</p>
	<p>d) Quando apoiamos um bloco sobre uma mesa, as forças peso e normal de contato constituem um par ação–reação.</p> <p>Erro comum entre alunos de ensino médio, que esquecem do fato de que ação e reação não atuam no mesmo corpo.</p>



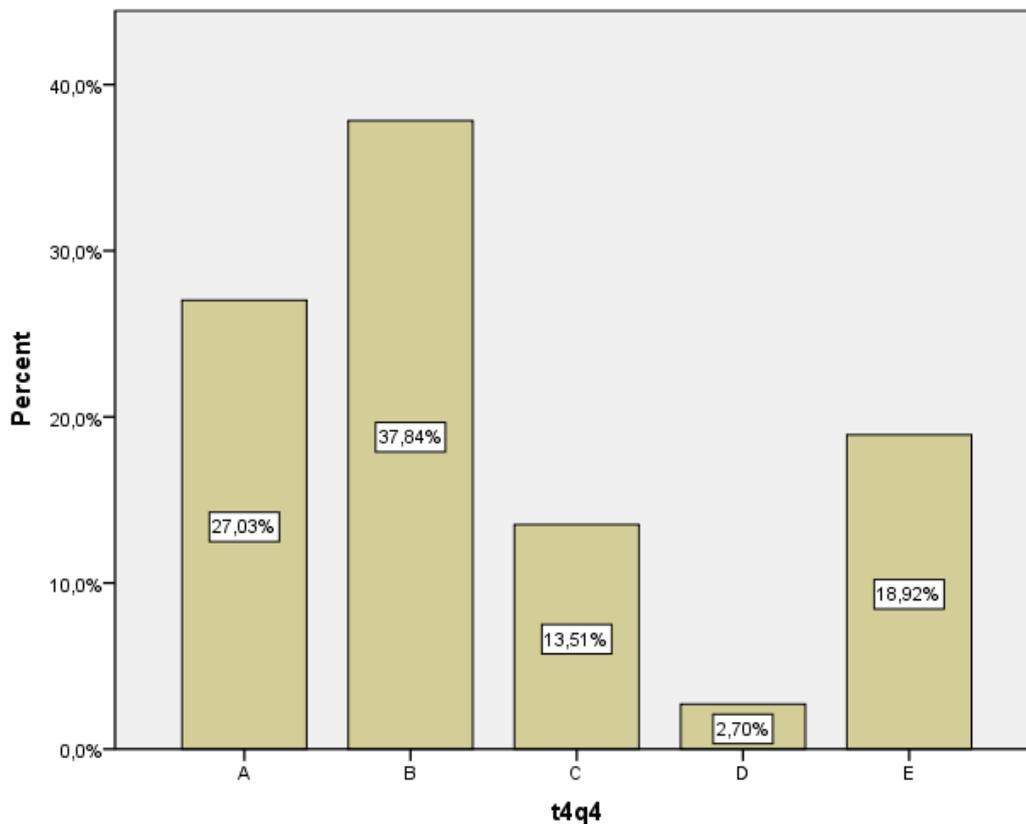
Teste 3 - Item #5 (T3Q5)															
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, 3ª lei de Newton.														
<b>Comentários</b>	Item clássico envolvendo conceitos de ação e reação e força de tração.														
<b>Enunciado</b>	<p>Na situação mostrada a seguir, uma pessoa aplica uma força <math>F</math> a uma corda presa a uma árvore que não se move. Neste caso, a tração na corda tem intensidade <math>t</math>. Em seguida, a árvore é substituída por outra pessoa, que aplica uma força de mesma intensidade <math>F</math> na corda. Neste caso, a tração na corda vale <math>T</math>. Qual a relação entre <math>T</math> e <math>t</math>?</p> 														
<b>Resposta</b>	<p>a) <math>T = t</math></p> <p>O aluno entende que as duas situações são idênticas uma vez que na segunda a pessoa foi substituída pela árvore que também exerce uma força (princípio da ação e reação).</p>														
<b>Distratores</b>	<p>b) <math>T = 2t</math></p> <p>O aluno que esquece que a árvore também exerce força; acha que quando a árvore é substituída por outra pessoa a força aplicada na corda dobra pois cada um exerce um força <math>F</math>.</p>														
	<p>c) <math>T = t/2</math></p> <p>Provavelmente o aluno se confundiu pois a figura apresenta as situações em ordem diferente da descrita no enunciado.</p>														
	<p>d) depende do valor de <math>F</math>.</p> <p>Independente do valor de <math>F</math>, em ambos os casos as trações possuem o mesmo módulo.</p>														
 <table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas para o Item t3q5</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>69,95%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>20,77%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>3,83%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2,73%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>1,09%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>1,64%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	69,95%	B	20,77%	C	3,83%	D	2,73%	NaoSei	1,09%	Branco	1,64%
Opção	Porcentagem														
A	69,95%														
B	20,77%														
C	3,83%														
D	2,73%														
NaoSei	1,09%														
Branco	1,64%														

Teste 4 - Item #1 (T4Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, leis de Newton, vetores.
<b>Comentários</b>	Item que envolve o conceito de que sobre um corpo em MRU a força resultante é zero, além do conceito de resultante vetorial.
<b>Enunciado</b>	<p>Uma pessoa puxa um corpo sobre uma superfície rugosa e horizontal com velocidade constante, aplicando uma força de módulo <math>F</math>. O diagrama a seguir mostra as direções das forças que atuam sobre o corpo. Qual das relações entre <math>P</math>, <math>K</math>, <math>N</math> e <math>F</math> é verdadeira?</p> 
<b>Resposta</b>	<p>a) <math>F &gt; K</math> e <math>N &lt; P</math></p> <p>Para que a força resultante seja zero, <math>K</math> deve ser igual a projeção horizontal de <math>F</math> e portanto <math>F &gt; K</math>, ao mesmo tempo em que a componente vertical de <math>F</math> somada a <math>N</math> é igual a <math>P</math></p>
<b>Distratores</b>	<p>b) <math>F = K</math> e <math>N = P</math></p> <p>O aluno ignora o fato de que <math>F</math> não é paralelo a <math>K</math></p>
	<p>c) <math>F = K</math> e <math>N &gt; P</math></p> <p>Opção absurda só marcada em caso de total desatenção.</p>
	<p>d) <math>F &lt; K</math> e <math>N = P</math></p> <p>O aluno confunde aceleração com velocidade. Como não há movimento na vertical <math>N</math> deve ser igual a <math>P</math> e como há movimento horizontal para a direita <math>F</math> deve ser maior do que <math>K</math>.</p>
 <p>A resposta C não foi marcada por nenhum estudante; a resposta E é "Não Sei".</p>	

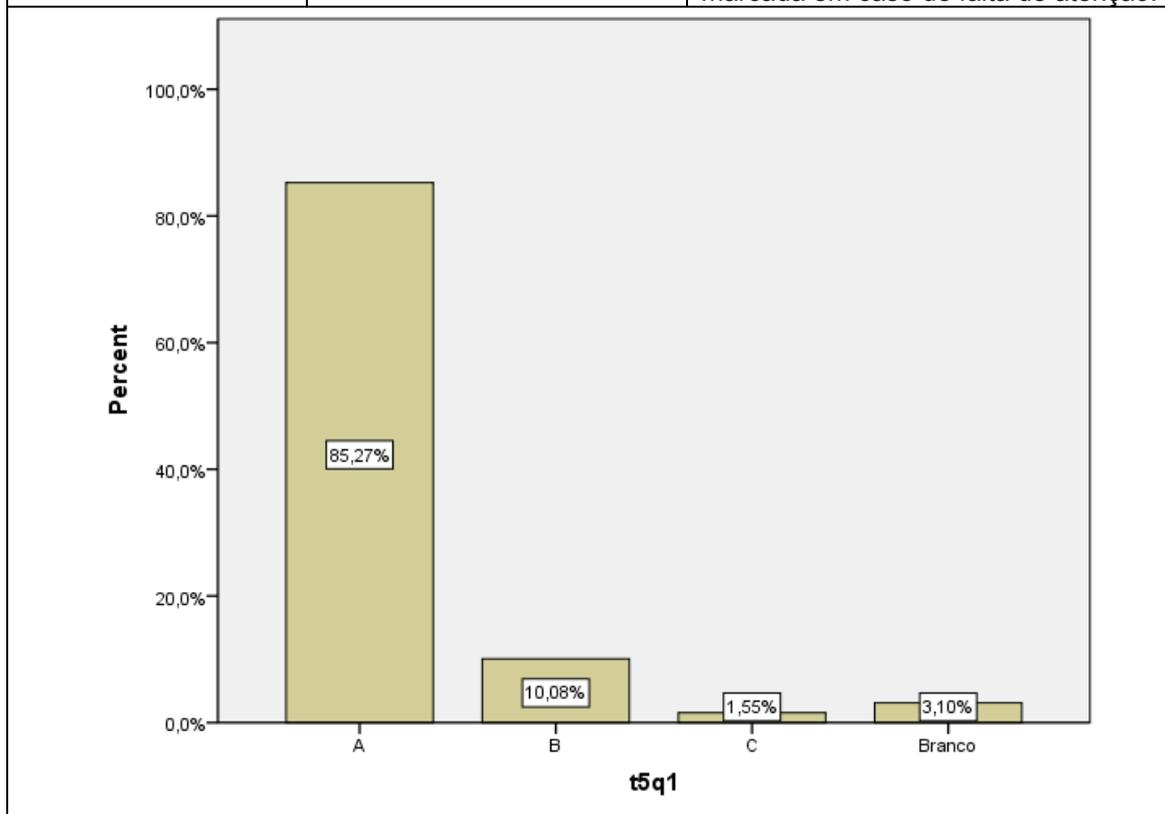
Teste 4 - Item #2 (T4Q2)		
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, leis de Newton, vetores.	
<b>Comentários</b>	Item envolvendo o conceito de força e aceleração vetoriais: a direção e o sentido da aceleração devem ser os mesmos da força resultante sobre o corpo.	
<b>Enunciado</b>	<p>Um helicóptero está transportando um corpo de massa <math>m</math> conforme mostrado na figura. Em um determinado instante o módulo da tração no cabo que sustenta o corpo é maior que o módulo do peso do corpo. Podemos afirmar que neste instante:</p> 	
<b>Resposta</b>	<b>a) O helicóptero possui aceleração para cima.</b>	Identificação correta do fato que aceleração e força resultante possuem mesma direção e sentido.
<b>Distratores</b>	b) O helicóptero está subindo.	Confusão clássica entre aceleração e velocidade. Se a força resultante é vertical para cima, o aluno que faz essa confusão acha que o corpo está necessariamente subindo.
	c) O helicóptero está descendo.	Resposta sem sentido e, portanto não assinalada por nenhum aluno.
	d) O helicóptero não está nem subindo nem descendo.	Resposta possivelmente marcada em caso de falta de atenção.
	e) O helicóptero possui aceleração para baixo.	Resposta possivelmente marcada em caso de falta de atenção.
 <p>Nenhum estudante respondeu "C"; a letra E corresponde à resposta "Não sei".</p>		

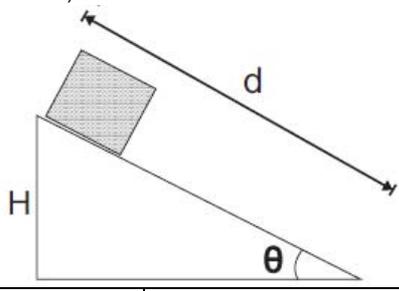
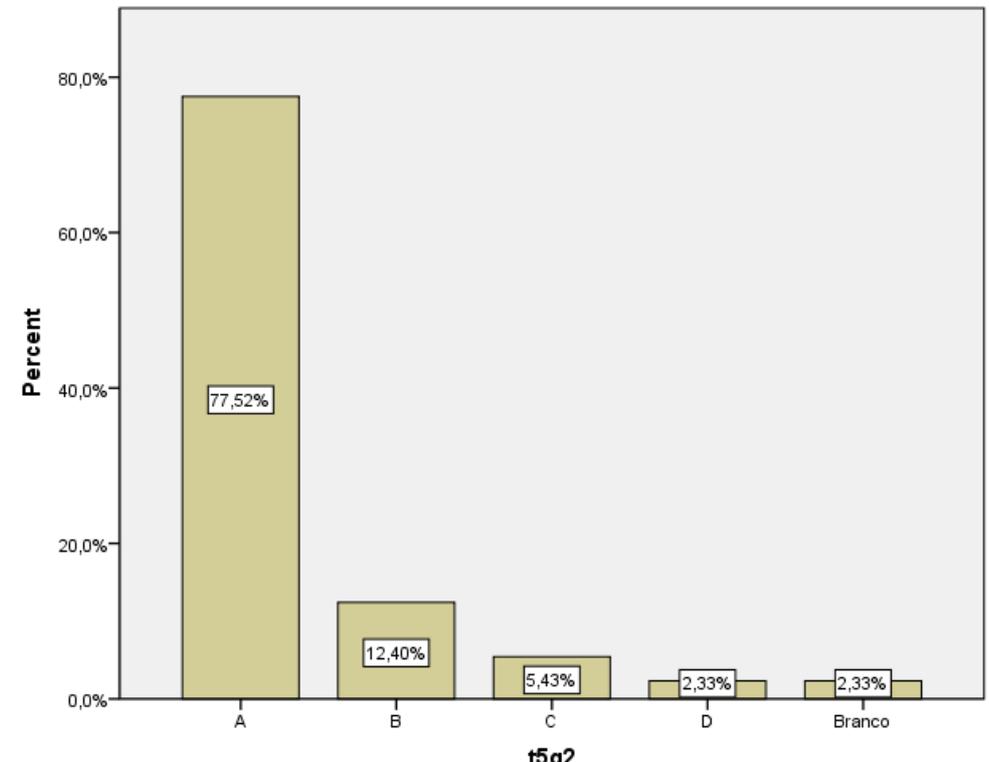
<b>Teste 4 - Item #3 (T4Q3)</b>														
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, leis de Newton, vetores.													
<b>Comentários</b>	Item envolvendo o conceito de força centrípeta como a resultante das forças em direção ao centro da trajetória.													
<b>Enunciado</b>	Uma pessoa de peso $P$ encontra-se sentada no banco de uma roda gigante que gira com velocidade de módulo constante. Quando a pessoa encontra-se no ponto mais baixo da trajetória, o que podemos afirmar sobre as forças peso ( $P$ ), normal ( $N$ ) que atuam sobre a pessoa?													
<b>Resposta</b>	a) $N > P$	No ponto mais baixo da trajetória, o módulo da força normal é dado pela soma dos módulos da força peso e da força centrípeta, o que é facilmente verificado por um diagrama vetorial e pelo conceito de que força centrípeta é a resultante em direção ao centro da trajetória.												
<b>Distratores</b>	b) $N = P$	Possível desconhecimento do conceito de força centrípeta. $N=P$ se o objeto estiver em repouso ou em MRU.												
	c) $N = 0$	Resposta possivelmente marcada em caso de falta de atenção.												
	d) $N < P$	Esta seria a situação no ponto mais alto da trajetória. Possível erro vetorial na definição de força centrípeta.												
	e) $P = 0$	Resposta possivelmente marcada em caso de falta de atenção.												
<table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Respostas para t4q3</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percentual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>10,81%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>75,68%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>13,51%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0,00%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nenhum estudante respondeu "C" nem "E".</p>			Alternativa	Percentual	A	10,81%	B	75,68%	D	13,51%	C	0,00%	E	0,00%
Alternativa	Percentual													
A	10,81%													
B	75,68%													
D	13,51%													
C	0,00%													
E	0,00%													

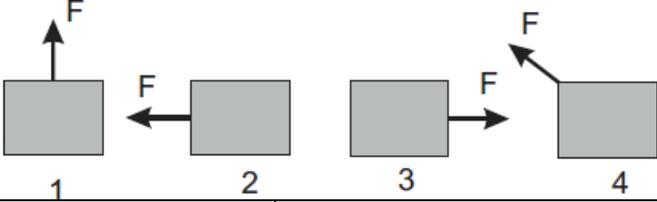
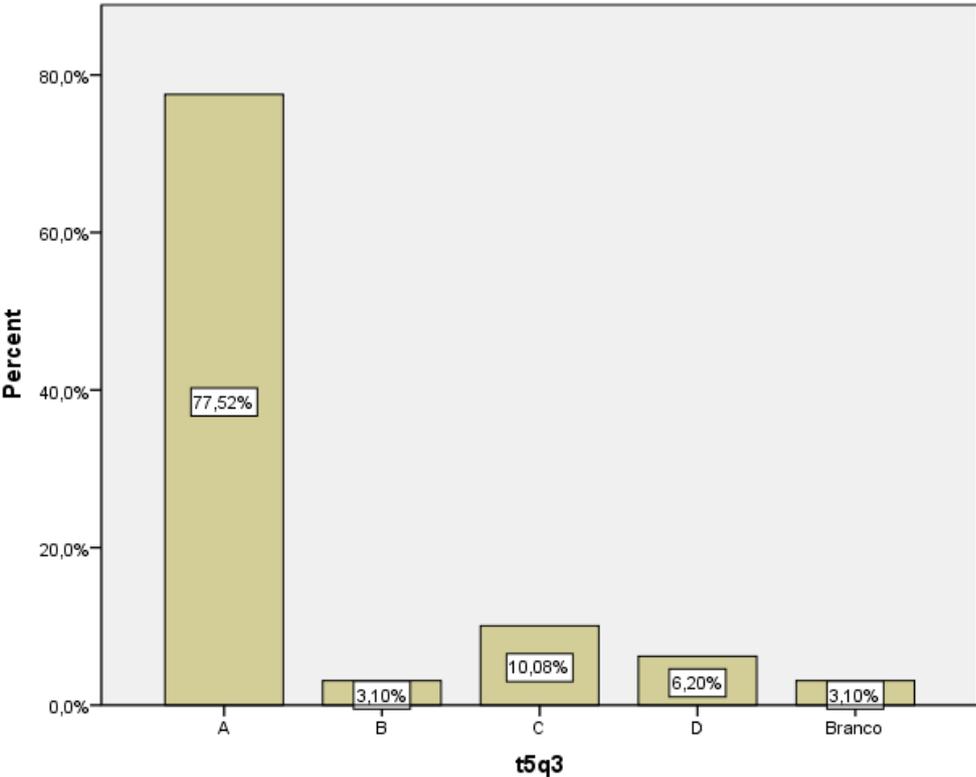
Teste 4 - Item #4 (T4Q4)		
<b>Conceitos abordados</b>	Dinâmica, leis de Newton, vetores.	
<b>Comentários</b>	Item envolvendo o conceito por trás da 2ª lei de Newton e o conceito da força de atrito como uma força de reação.	
<b>Enunciado</b>	Um corpo de massa 5Kg apoiado sobre uma superfície horizontal, inicialmente em repouso, recebe uma força horizontal de módulo 35N. O coeficiente de atrito estático entre o corpo e a superfície vale 0,8 e o cinético vale 0,6. Qual o valor da força de atrito que atua sobre o corpo? de atrito que atua sobre o corpo?	
<b>Resposta</b>	<p>a) 35 N</p> <p>Ao calcular a força de atrito estático o valor obtido é 40N, mas este valor é o valor máximo da força de atrito. Como a força aplicada é de 35N o objeto não se move, se o objeto não se move a força resultante sobre ele deve ser nula então neste caso o atrito vale 35N.</p>	
<b>Distratores</b>	b) 40 N	Valor obtido calculando-se a força de atrito estático. Resposta dada sem a utilização do conceito de força de atrito como uma força de reação.
	c) 30 N	Valor obtido calculando-se a força de atrito cinético, um equívoco, pois nesta situação o corpo não se move.
	d) 5 N	Diferença entre os atritos estático e cinético. Chute?
	e) Depende da velocidade do corpo.	A força de atrito neste caso não depende da velocidade do corpo.

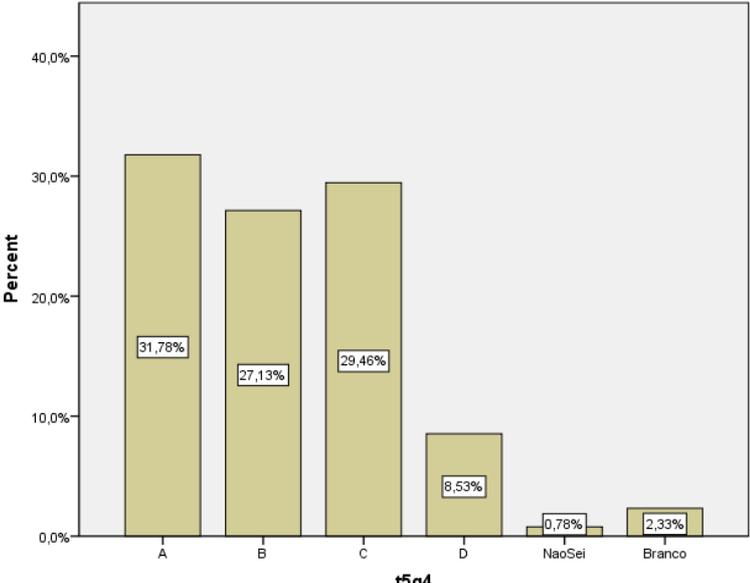


Teste 5 - Item #1 (T5Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Definição de energia cinética.
<b>Comentários</b>	Aplicação direta do conceito de que a energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade.
<b>Enunciado</b>	Um carro de massa $M$ , deslocando-se com velocidade constante $v$ , possui energia $K$ . Um outro carro o ultrapassa; sua massa é idêntica à do primeiro, mas sua velocidade é em módulo duas vezes a velocidade primeiro. A energia cinética do segundo carro possui valor igual a:
<b>Resposta</b>	a) $4K$ Se a velocidade dobra a energia cinética quadruplica, pois é proporcional ao quadrado da velocidade.
<b>Distratores</b>	b) $2K$ O aluno mostra uma tendência ao raciocínio linear, relativamente comum principalmente no ensino médio.
	c) $K/4$ Resposta sem sentido, possivelmente marcada em caso de falta de atenção.
	d) $K/2$ Resposta sem sentido, possivelmente marcada em caso de falta de atenção.

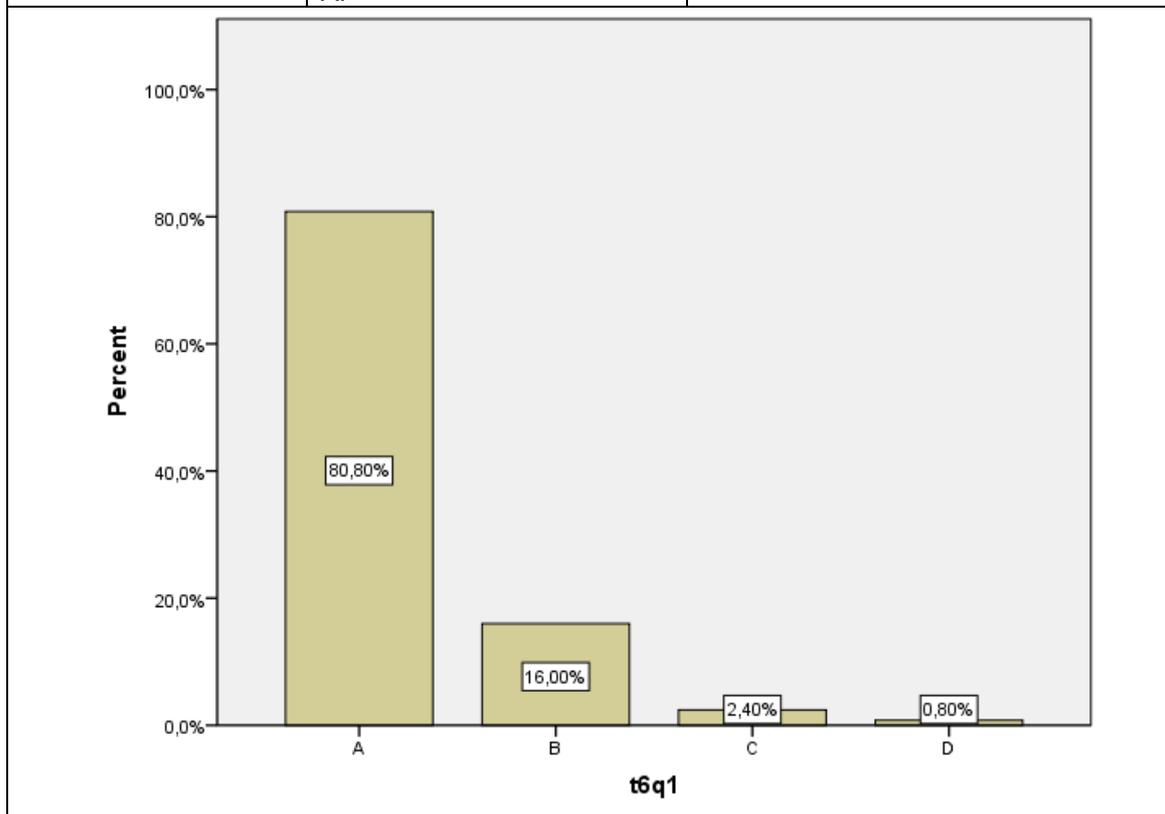


Teste 5 - Item #2 (T5Q2)													
<b>Conceitos abordados</b>	Trabalho de uma força.												
<b>Comentários</b>	Forças perpendiculares ao deslocamento não realizam trabalho.												
<b>Enunciado</b>	<p>Um objeto desce um plano inclinado de um ângulo <math>\theta</math>. O trabalho da força normal de contato com a superfície quando ele percorre uma distância <math>d</math> de plano abaixo, vale:</p> 												
<b>Resposta</b>	<p>a) Zero</p> <p>Como a normal é perpendicular ao deslocamento seu trabalho é zero.</p>												
<b>Distratores</b>	<p>b) <math>mg \sin \theta</math></p> <p>Esta resposta seria o trabalho da componente paralela ao plano da força peso. Possivelmente o aluno considera que a normal é igual a esta componente, o que claramente não é verdade neste caso.</p>												
	<p>c) <math>-mg \sin \theta</math></p> <p>O trabalho é negativo quando o ângulo entre a força e o deslocamento é maior que <math>90^\circ</math> e menor que <math>270^\circ</math>.</p>												
	<p>d) <math>mgd</math></p> <p>O aluno considera que a normal é numericamente igual ao peso.</p>												
 <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Barras</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>77,52%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>12,40%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>5,43%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2,33%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>2,33%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Porcentagem	A	77,52%	B	12,40%	C	5,43%	D	2,33%	Branco	2,33%
Resposta	Porcentagem												
A	77,52%												
B	12,40%												
C	5,43%												
D	2,33%												
Branco	2,33%												

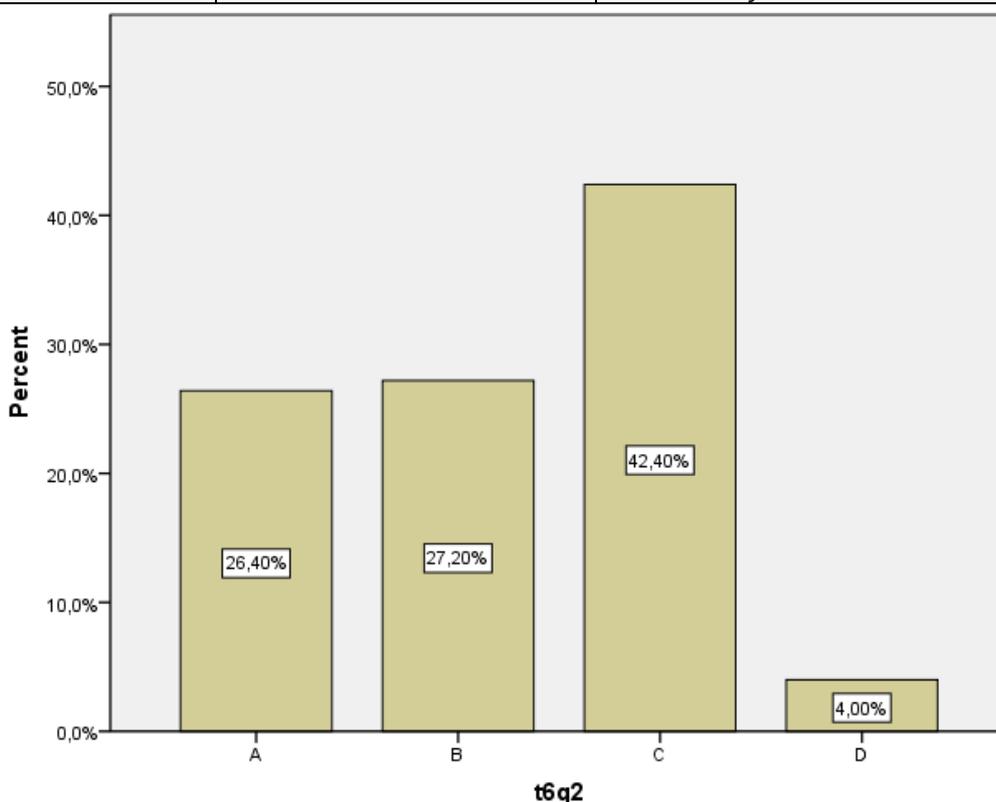
Teste 5 - Item #3 (T5Q3)													
<b>Conceitos abordados</b>	Trabalho de uma força												
<b>Comentários</b>	O trabalho é o produto escalar da força pelo deslocamento; desse modo, quanto menor o ângulo entre eles, maior o valor do trabalho.												
<b>Enunciado</b>	<p>Nas figuras a seguir as forças têm intensidades iguais e o objeto sofre deslocamentos horizontais iguais para a direita. Em qual caso o trabalho da força F tem maior valor?</p> 												
<b>Resposta</b>	<p><b>a) 3</b> O ângulo entre a força e o deslocamento é zero, o que nos dá o valor máximo para o trabalho.</p>												
<b>Distratores</b>	b) 1 O trabalho neste caso é zero.												
	c) 2 Em módulo é igual ao do caso 3 mas com valor negativo e portanto menor.												
	d) 4 O trabalho é negativo.												
 <table border="1"> <caption>Percentagem de Respostas para o Item t5q3</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>77,52%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3,10%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>10,08%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>6,20%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>3,10%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Porcentagem	A	77,52%	B	3,10%	C	10,08%	D	6,20%	Branco	3,10%
Resposta	Porcentagem												
A	77,52%												
B	3,10%												
C	10,08%												
D	6,20%												
Branco	3,10%												

Teste 5 - Item #4 (T5Q4)															
<b>Conceitos abordados</b>	Trabalho e energia cinética														
<b>Comentários</b>	Item de alto grau de dificuldade pois o conceito do teorema da energia cinética em geral não é bem compreendido pelos alunos.														
<b>Enunciado</b>	<p>No diagrama a seguir, dois objetos são empurrados sobre uma superfície horizontal sem atritos. A massa de A é quatro vezes menor que a de B. Os dois objetos partem do repouso e são empurrados por forças iguais. Qual dos dois cruza a linha de chegada com maior energia cinética?</p> 														
<b>Resposta</b>	<p>a) Ambos cruzam com a mesma energia cinética</p> <p>Como ambos partem do repouso (energia cinética inicial zero) e recebem uma força igual por uma distância igual, chegam ao final com a mesma energia cinética, já que o trabalho realizado sobre os corpos é o mesmo e que trabalho é igual a variação da energia cinética.</p>														
<b>Distratores</b>	<p>b) A</p> <p>O aluno entende que o de menor massa vai chegar com uma velocidade maior, o que está correto, mas esquece que a energia cinética também depende da massa.</p>														
	<p>c) B</p> <p>O aluno acha que por possuir maior massa o corpo chegará com maior energia, porém esquece que o corpo chegará com velocidade menor.</p>														
	<p>d) São necessárias mais informações para responder.</p> <p>A aluno acha que precisa da distância para responder.</p>														
 <table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas para o Item t5q4</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>31,78%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>27,13%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>29,46%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>8,53%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,78%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>2,33%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Percent	A	31,78%	B	27,13%	C	29,46%	D	8,53%	NaoSei	0,78%	Branco	2,33%
Resposta	Percent														
A	31,78%														
B	27,13%														
C	29,46%														
D	8,53%														
NaoSei	0,78%														
Branco	2,33%														

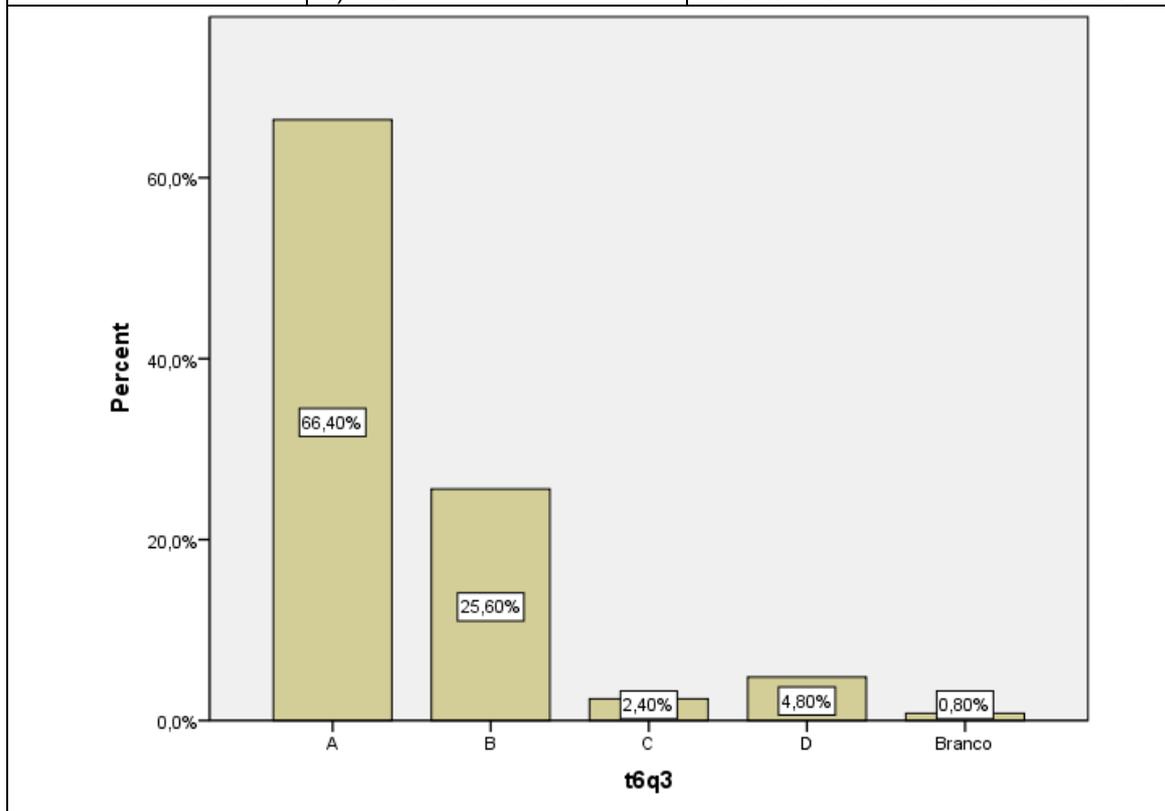
Teste 6 - Item #1 (T6Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Conservação da energia.
<b>Comentários</b>	Item clássico baseado em que a energia potencial é proporcional à massa e na conservação da energia.
<b>Enunciado</b>	Dois objetos A e B, sendo a massa de B duas vezes maior que a massa de A, são abandonados de uma mesma altura. Imediatamente antes de tocar o solo o objeto B possui:
<b>Resposta</b>	<p><b>a) Duas vezes mais energia cinética que o objeto A.</b></p> <p>Se A possui duas vezes mais massa, possui duas vezes mais energia potencial, conseqüentemente ao chegar ao solo possuirá duas vezes mais energia cinética.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) A mesma energia cinética que o objeto A.</p> <p>O aluno sabe que ambos chegarão com mesma velocidade, mas não considera que energia também é proporcional a massa.</p>
	<p>c) Metade da energia cinética do objeto A.</p> <p>Resposta sem sentido. Possível chute do aluno.</p>
	<p>d) Quatro vezes mais energia cinética que o objeto A.</p> <p>Resposta sem sentido. Possível chute do aluno.</p>



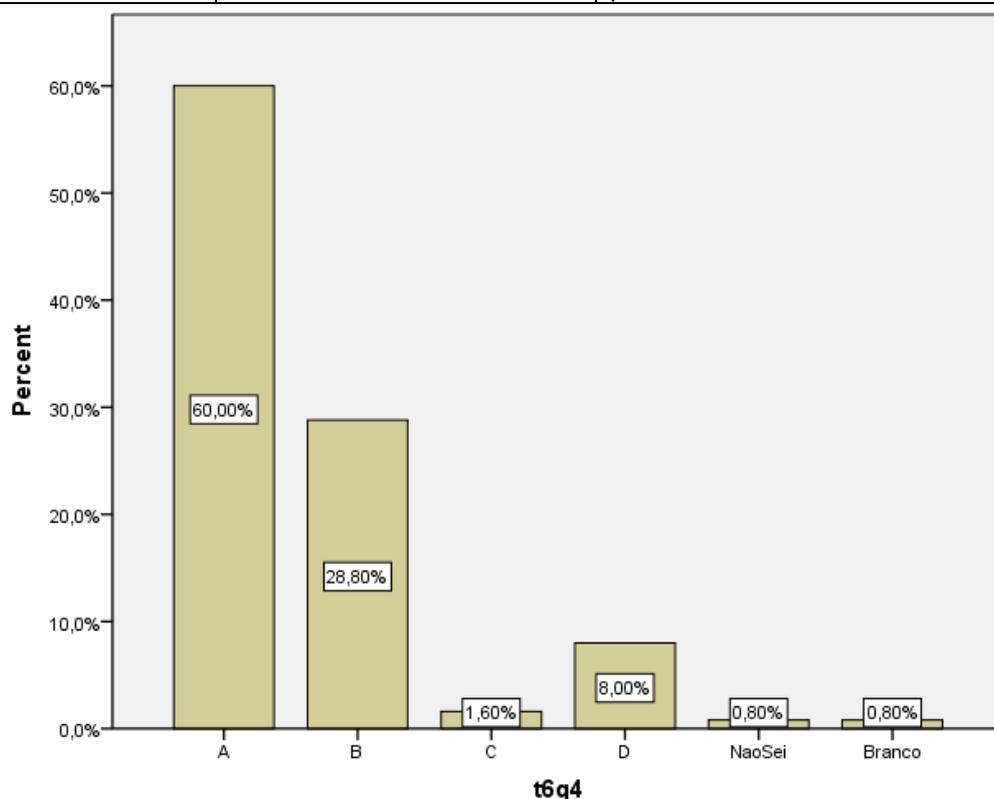
Teste 6 - Item #2 (T6Q2)		
<b>Conceitos abordados</b>	Sistemas não conservativos.	
<b>Comentários</b>	Como na maioria dos problemas os sistemas são conservativos os alunos têm dificuldades em sistemas não conservativos.	
<b>Enunciado</b>	Desprezando-se a resistência do ar, um objeto lançado verticalmente para cima leva o mesmo tempo para subir e para descer. Em um lançamento em que a resistência do ar não pode ser desprezada, o tempo de subida é:	
<b>Resposta</b>	<p>a) Menor que o de descida.</p> <p>No instante do lançamento o corpo possui uma energia (cinética) que vai sendo dissipada ao longo da subida e da descida e portanto ele retorna ao solo com uma energia (cinética) menor do que a do lançamento, com isso a velocidade média na subida é maior do que na descida.</p>	
<b>Distratores</b>	b) Maior que o de descida.	O aluno acha que a influência da resistência do ar será maior na subida do que na descida.
	c) Igual ao de descida.	Resposta mais escolhida. É a resposta correta se o sistema for conservativo.
	d) São necessárias mais informações para responder.	O aluno acha que só é capaz de responder conhecendo a altura e o valor da força de resistência do ar.



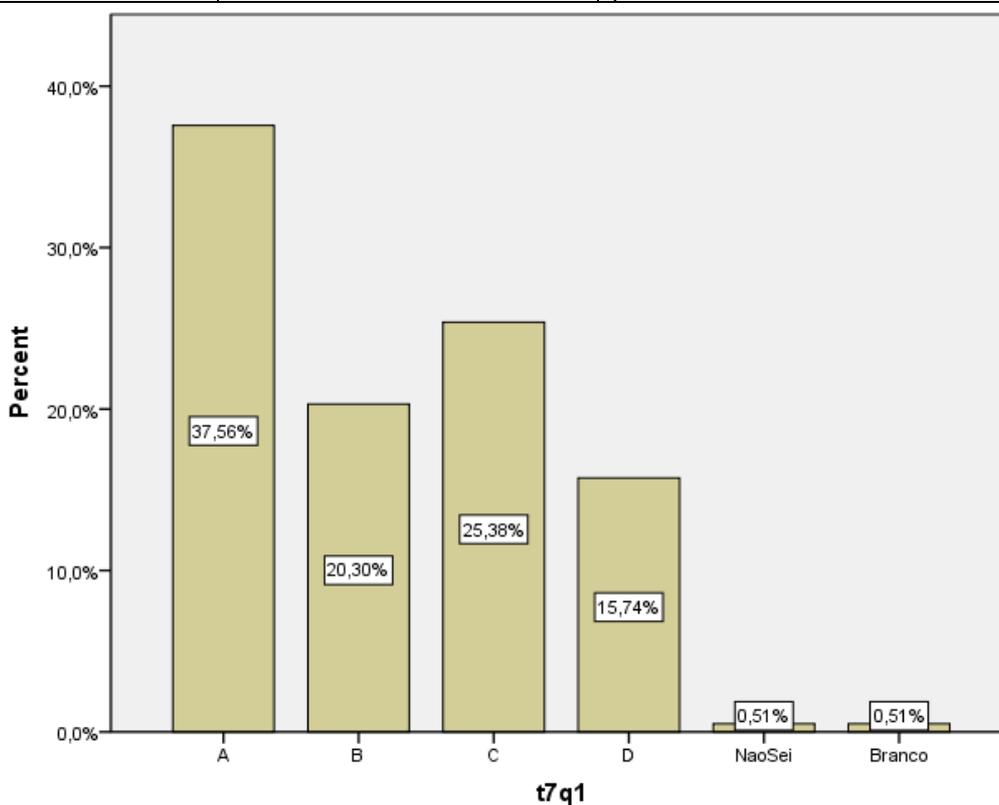
<b>Teste 6 - Item #3 (T6Q3)</b>	
<b>Conceitos abordados</b>	Conservação da energia. Energia potencial elástica.
<b>Comentários</b>	Item clássico que avalia o conceito de que a energia armazenada por uma mola ideal é proporcional ao quadrado da compressão sofrida pela mola.
<b>Enunciado</b>	Um brinquedo possui uma mola para lançar dardos. O brinquedo é utilizado para lançar um dardo verticalmente para cima e o dardo atinge altura máxima de 24m. O dardo é lançado novamente, mas desta vez a compressão da mola é metade da compressão na primeira situação. Se a resistência do ar for desprezível e considerando a mola ideal, a altura atingida no segundo lançamento é:
<b>Resposta</b>	a) 6m. Metade da compressão significa um quarto da energia e consequentemente um quarto da altura.
<b>Distratores</b>	b) 12m. O aluno possivelmente confunde energia elástica com força elástica que é proporcional a compressão e não ao quadrado da compressão.
	c) 24m. Resposta sem sentido.
	d) 3m. Provável erro de cálculo na divisão.



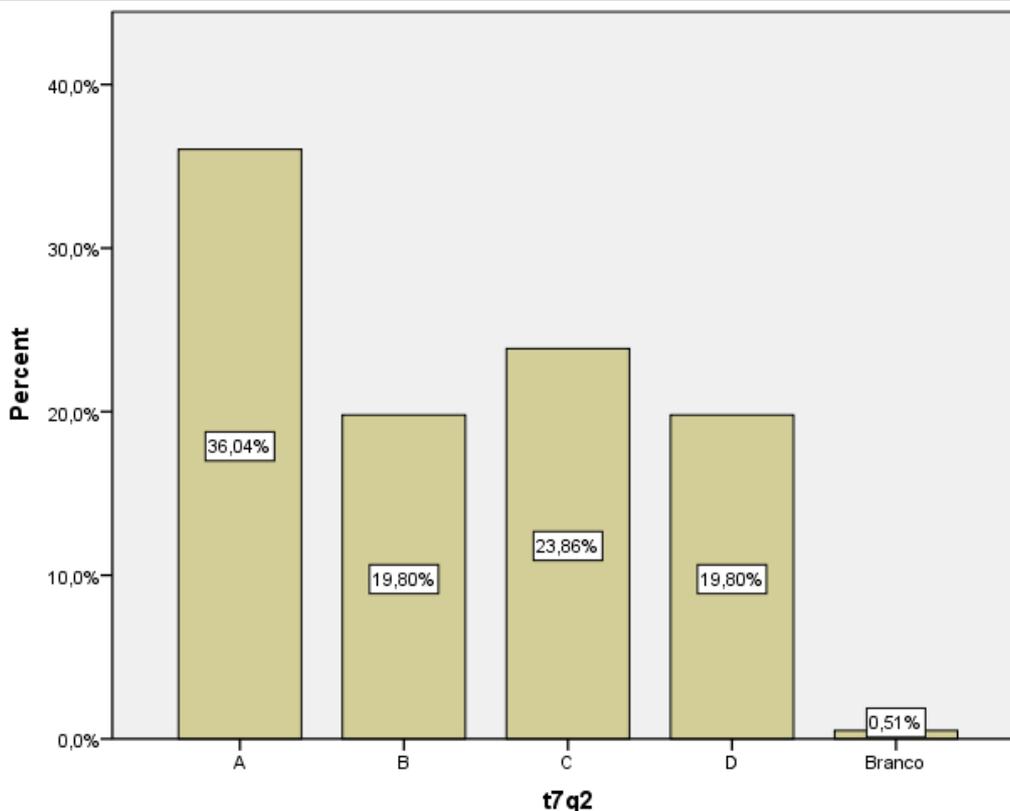
Teste 6 - Item #4 (T6Q4)	
<b>Conceitos abordados</b>	Trabalho e variação da energia cinética. Força de atrito.
<b>Comentários</b>	Item que envolve o conceito do teorema da energia cinética e o de força de atrito.
<b>Enunciado</b>	Um corpo move-se sobre um trilho de ar com velocidade de módulo $V$ quando subitamente o fluxo de ar é desligado. Neste caso o corpo entra em repouso após percorrer 1m. Se o experimento for repetido mas com o corpo inicialmente com uma velocidade $2V$ , qual a nova distância percorrida pelo corpo até o repouso?
<b>Resposta</b>	a) 4m. Em ambas as situações a força resultante sobre o corpo, que é a força de atrito, é a mesma. Como no segundo caso a velocidade é duas vezes maior, a energia cinética será quatro vezes maior, consequentemente a distância percorrida também será quatro vezes maior.
<b>Distratores</b>	b) 2m. A energia é proporcional ao quadrado da velocidade; supõe que a distância percorrida varia linearmente com a velocidade.
	c) 3m. Resposta sem sentido.
	d) São necessárias mais informações para responder. O aluno acostumado aos problemas de livro texto só consegue responder com todos os dados de modo que possa fazer os cálculos.



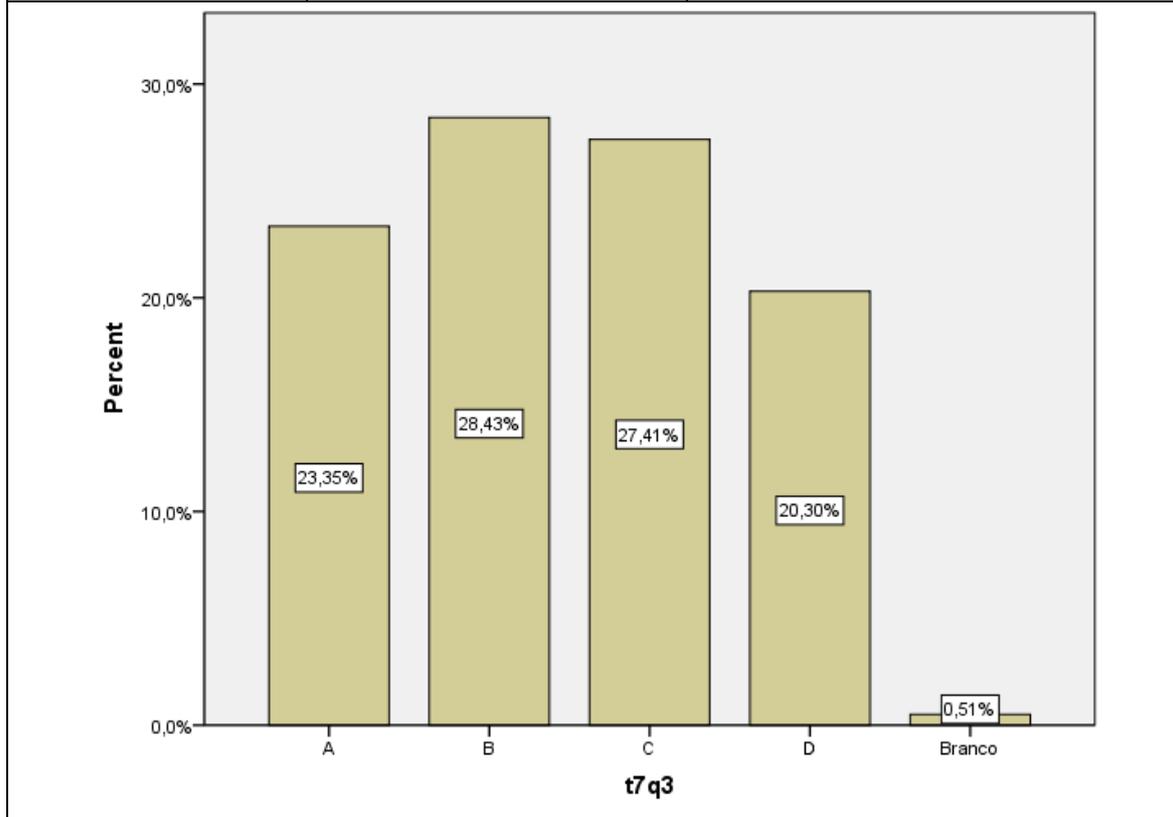
Teste 7 - Item #1 (T7Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Conservação do momento linear. Teorema do impulso.
<b>Comentários</b>	Assim como o teorema da energia cinética, o teorema do impulso é pouco compreendido do ponto de vista conceitual pelos alunos que em geral não apresentam dificuldades em problemas tradicionais de livros-texto envolvendo estes teoremas, mas em questões conceituais as dificuldades ficam evidentes.
<b>Enunciado</b>	Uma bola de ping-pong e uma de boliche movem-se com a mesma quantidade de movimento. Uma pessoa para as bolas, no menor tempo possível, exercendo forças de intensidades iguais em ambas as bolas. O que podemos afirmar sobre os intervalos de tempo necessário para parar as bolas?
<b>Resposta</b>	<p><b>a) Ambas levam o mesmo tempo para parar.</b></p> <p>Como as duas possuem a mesma quantidade de movimento e sofrem a ação da mesma força média, pelo teorema do impulso levarão o mesmo tempo para parar.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) A bola de ping-pong leva um tempo menor que a de boliche para parar.</p> <p>O aluno acha que a de maior massa leva um tempo maior para parar, ignorando o fato de que o importante é o momento linear e não a massa.</p>
	<p>c) A bola de ping-pong leva um tempo maior que a de boliche para parar.</p> <p>O aluno talvez raciocine que a de menor massa sofrerá a ação de uma força menor por ser a força resultante proporcional à massa.</p>
	<p>d) são necessárias mais informações para responder.</p> <p>O aluno acostumado aos problemas de livro texto só consegue responder com todos os dados de modo que possa fazer os cálculos.</p>



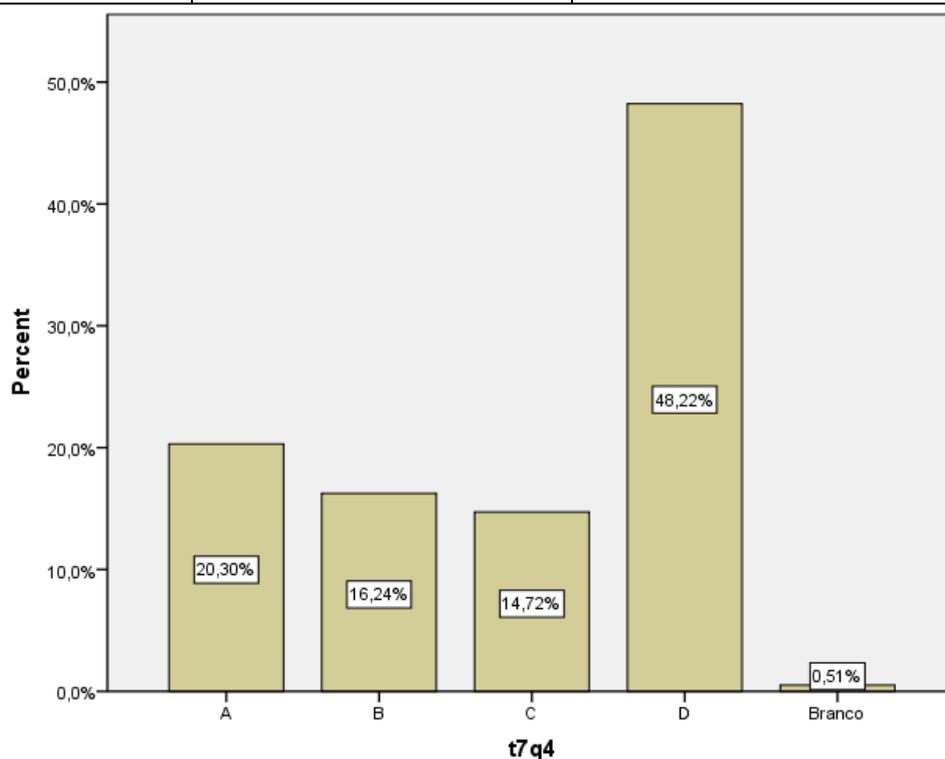
Teste 7 - Item #2 (T7Q2)		
<b>Conceitos abordados</b>	Conservação do momento linear	
<b>Comentários</b>	Item clássico sobre conservação do momento linear.	
<b>Enunciado</b>	Dois carrinhos de brinquedo estão em repouso amarrados por um barbante. Entre os carrinhos existe uma mola comprimida. Os carrinhos encontram-se sobre uma mesa horizontal lisa. O carrinho A tem massa $m$ e o carrinho B tem massa $4m$ . Num certo momento, o barbante que os mantém presos é rompido e os carrinhos se soltam. Assinale a opção que descreve corretamente o movimento dos carrinhos após os dois se soltarem.	
<b>Resposta</b>	<p>a) O carrinho B possui velocidade de módulo 4 vezes menor que a do carrinho A.</p> <p>O momento inicial do sistema é zero e, portanto, após o rompimento do barbante deve continuar sendo zero. Como o momento é proporcional à massa e à velocidade, o carrinho de massa quatro vezes maior possuirá velocidade quatro vezes menor.</p>	
<b>Distratores</b>	b) Os dois carrinhos têm a mesma velocidade em módulo.	Conservação do momento linear não significa conservação da velocidade pois a massa também é importante.
	c) Os dois carrinhos possuem a mesma energia cinética.	Conservação do momento linear não significa conservação da energia cinética.
	d) A energia cinética do carrinho B é 4 vezes a do carrinho A.	A energia é proporcional à massa, mas também ao quadrado da velocidade.



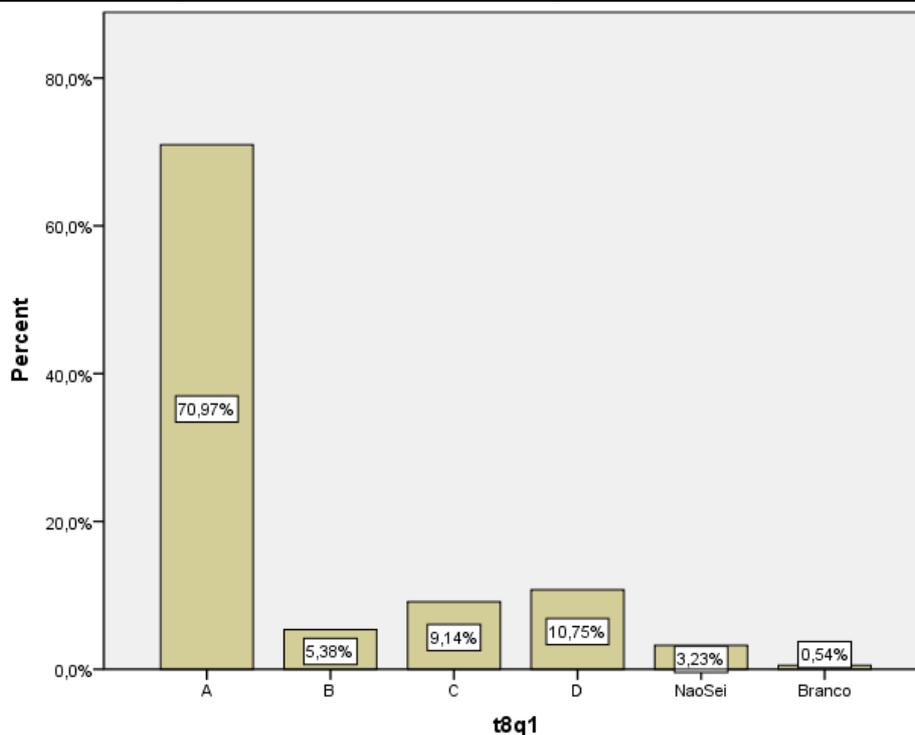
Teste 7 - Item #3 (T7Q3)	
<b>Conceitos abordados</b>	Vetor momento linear. Teorema da energia cinética.
<b>Comentários</b>	Item elaborado pensando em verificar o entendimento do caráter vetorial do momento linear.
<b>Enunciado</b>	Um objeto está preso por um fio a um ponto fixo sobre uma mesa horizontal lisa, e gira em movimento circular uniforme em torno deste ponto. Assinale a afirmativa correta.
<b>Resposta</b>	<p><b>a) A energia cinética não muda porque não há trabalho de forças externas.</b></p> <p>O movimento será circular uniforme, portanto a energia cinética é constante.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) O momento linear do objeto é constante porque a resultante das forças sobre o objeto é nula.</p> <p>Os módulos da velocidade e do momento linear são constantes, mas como o momento é uma grandeza vetorial, no movimento circular sua direção e seu sentido mudam e, portanto não são constantes.</p>
	<p>c) O momento linear do objeto é constante porque a energia mecânica é constante.</p> <p>Energia é escalar e momento é vetorial.</p>
	<p>d) O momento linear e a energia cinética do objeto variam.</p> <p>Se o módulo da velocidade é constante a energia é constante.</p>

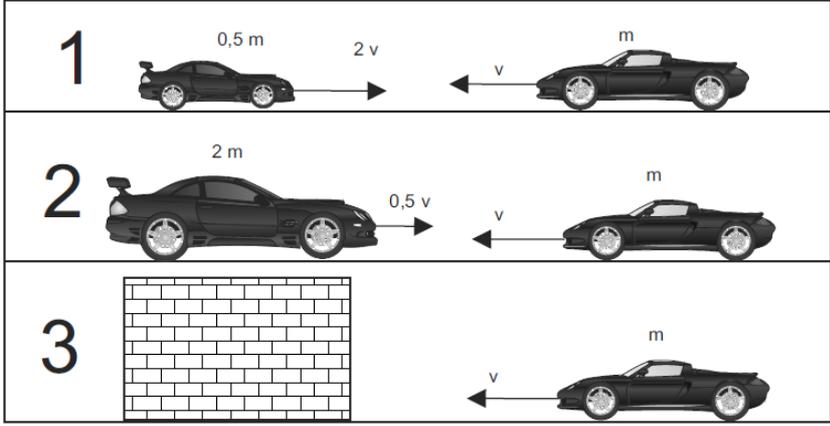
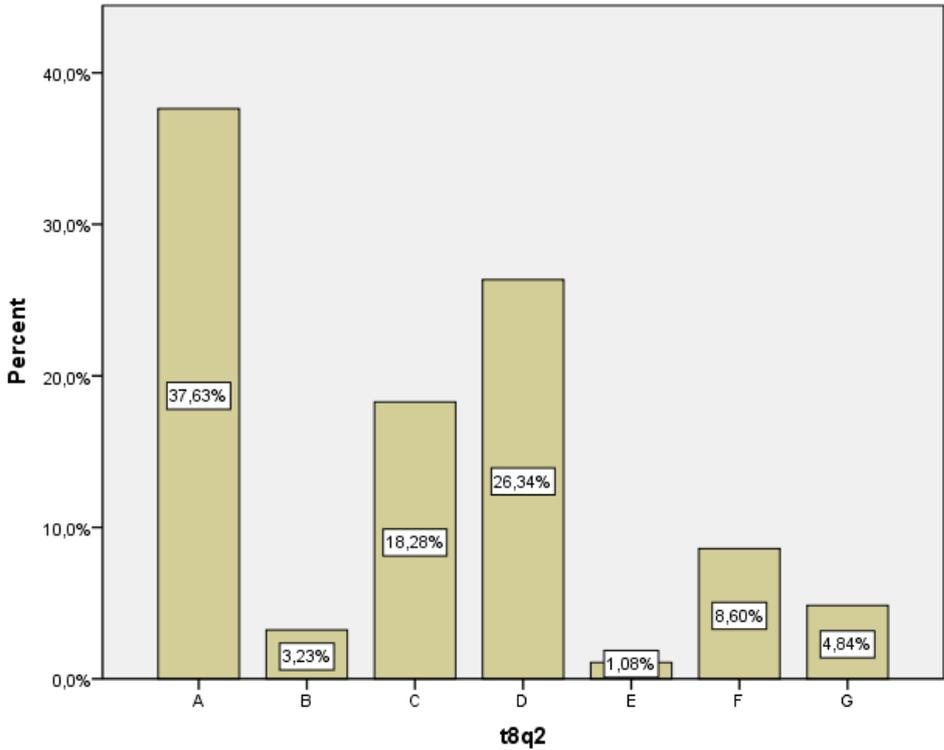


Teste 7 - Item #4 (T7Q4)	
<b>Conceitos abordados</b>	Momento linear
<b>Comentários</b>	Verificação simples do conceito de momento linear como o produto da massa pela velocidade.
<b>Enunciado</b>	Um objeto de massa $m$ move-se com velocidade $v$ e possui momento linear $p$ . Assinale a afirmativa correta:
<b>Resposta</b>	<b>d) Se a massa do objeto dobrar, seu momento linear é dividido por dois.</b> Para que o momento linear permaneça constante, se a massa dobra a velocidade é dividida por dois.
<b>Distratores</b>	b) Se a velocidade do objeto for invertida em seu sentido, o momento linear não muda. Muda pois o momento é vetorial.
	c) Se a velocidade do objeto for dobrada em módulo, seu momento linear é quadruplicado. Confusão entre momento e energia cinética.
	a) Se a massa do objeto dobrar, seu momento linear é multiplicado por dois. Grandezas inversamente proporcionais e não diretamente. O que geralmente é um problema pois os alunos tendem a achar que todas as relações de proporcionalidade são lineares e diretas.

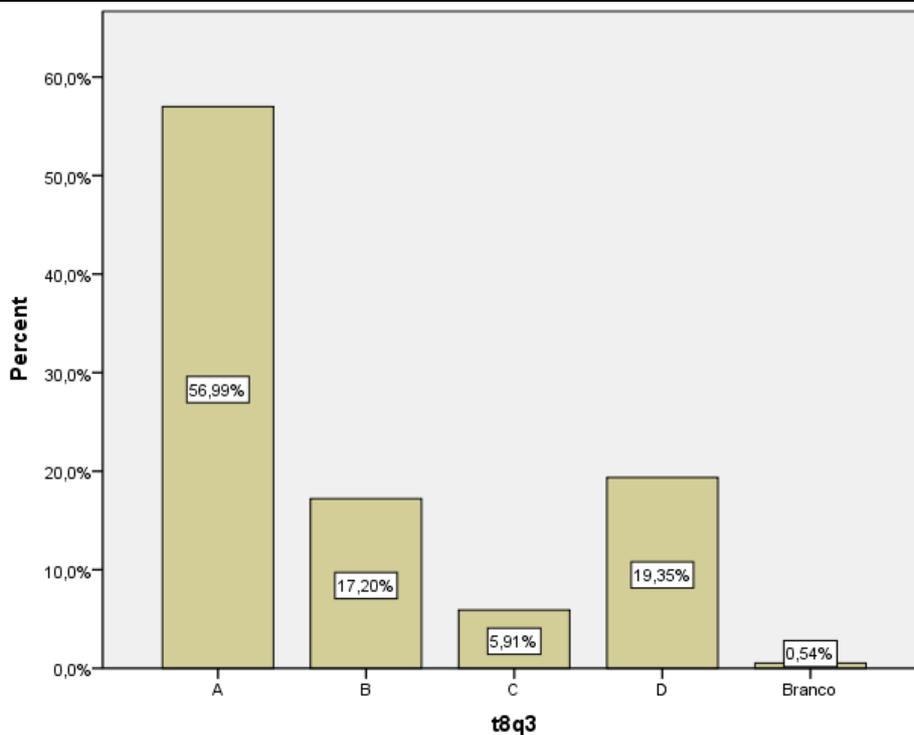


Teste 8 - Item #1 (T8Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Colisões entre partículas. Vetor momento linear. Sistemas isolados.
<b>Comentários</b>	Em um sistema isolado o momento linear total do sistema deve permanecer constante.
<b>Enunciado</b>	<p>Considere um sistema de duas partículas A e B, isolado de interações externas. Em um instante inicial as partículas movem-se como indicado na figura 1. Qual das opções representadas na figura 2 pode representar a situação das partículas após a colisão?</p> <div style="text-align: center;"> <p>Figura 1</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>2</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>4</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Figura 2</p>
<b>Resposta</b>	<p>a) 3</p> <p>Dentre as opções é a única em que o momento linear pode ser igual ao momento antes da colisão, observadas as direções e sentidos dos vetores velocidade.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) 2</p> <p>Não há conservação do momento linear.</p> <p>c) 1</p> <p>Não há conservação do momento linear.</p> <p>d) 4</p> <p>Não há conservação do momento linear.</p>

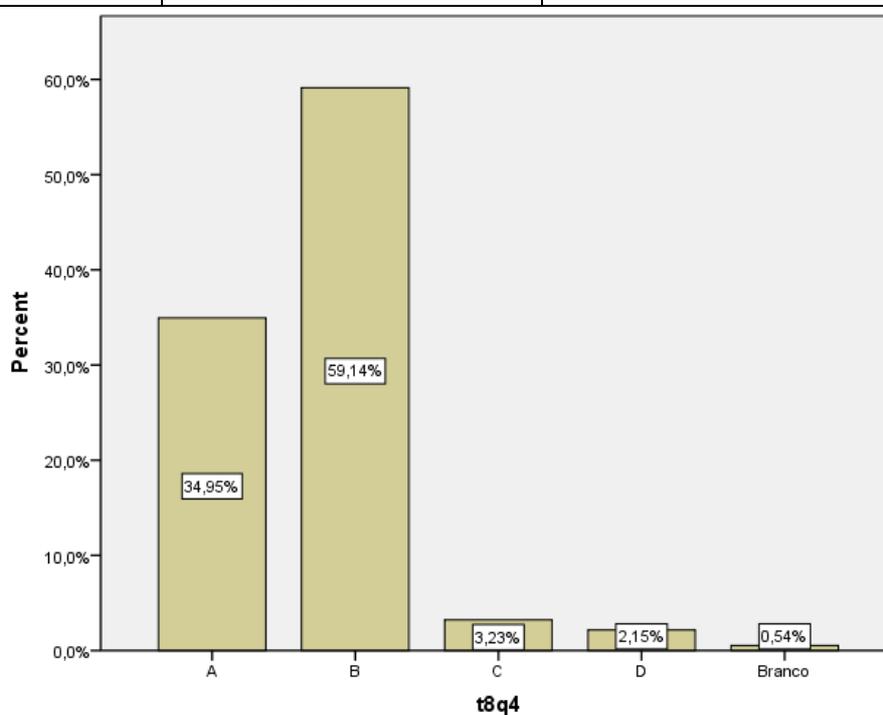


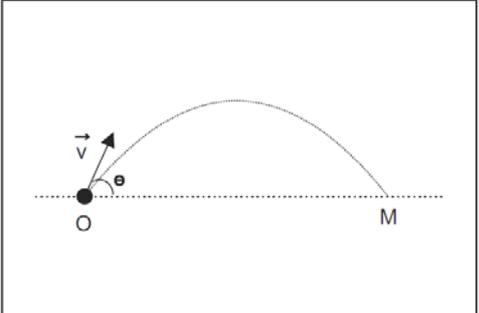
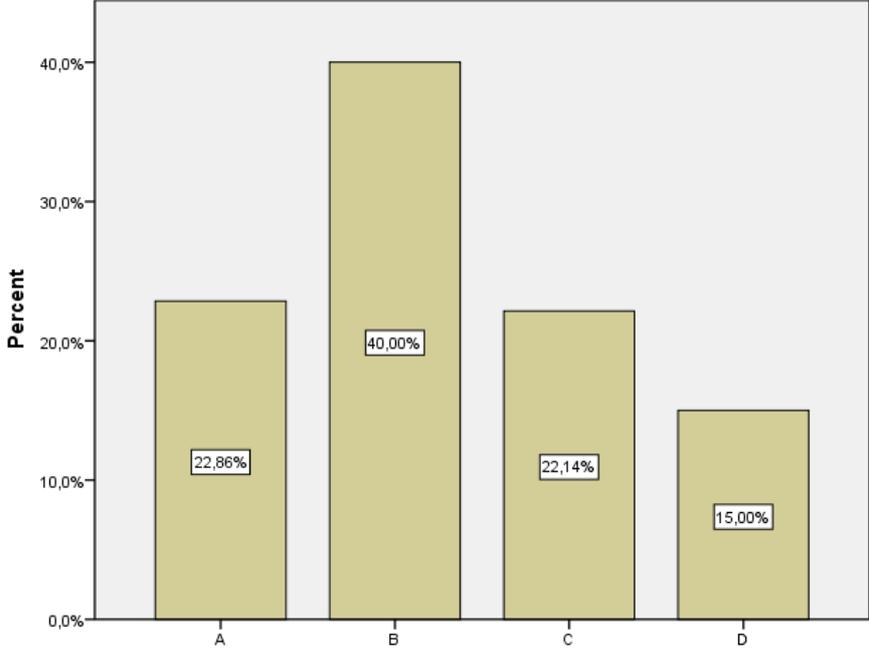
<b>Teste 8 - Item #2 (T8Q2)</b>																	
<b>Conceitos abordados</b>	Colisões entre partículas. Sistemas isolados																
<b>Comentários</b>	Em um sistema isolado o momento linear total do sistema deve permanecer constante.																
<b>Enunciado</b>	<p>Todas as colisões mostradas a seguir são perfeitamente inelásticas. Em qual/quais delas o carro da direita para completamente?</p> 																
<b>Resposta</b>	<p>a) Todas elas.</p> <p>Em todos os casos o momento linear total do sistema é zero, portanto em todos os casos os corpos ficarão em repouso em relação a terra.</p>																
<b>Distratores</b>	b) 2	Não apenas neste caso.															
	c) 3	Não apenas neste caso.															
	d) 1 e 2	O aluno não faz a hipótese que o muro tem massa muito grande.															
	e) 1 e 3	O aluno provavelmente entende que o carro mais massivo não pode ser freado.															
	f) 2 e 3	Idem.															
	g) 1	Idem.															
 <table border="1"> <caption>Data for Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Option</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>37,63%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3,23%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>18,28%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>26,34%</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>1,08%</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>8,60%</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>4,84%</td> </tr> </tbody> </table>		Option	Percent	A	37,63%	B	3,23%	C	18,28%	D	26,34%	E	1,08%	F	8,60%	G	4,84%
Option	Percent																
A	37,63%																
B	3,23%																
C	18,28%																
D	26,34%																
E	1,08%																
F	8,60%																
G	4,84%																

Teste 8 - Item #3 (T8Q3)	
<b>Conceitos abordados</b>	Sistemas isolados. Conservação do momento linear.
<b>Comentários</b>	Este item não está bem redigido. Falta mencionar que há uma colisão com o solo.
<b>Enunciado</b>	Um corpo de massa $m$ é abandonado de uma altura $h$ em relação a uma superfície horizontal. Desprezando-se a resistência do ar, assinale a opção correta.
<b>Resposta</b>	<p><b>a) se o corpo atinge uma altura menor que <math>h</math> após a colisão, pode-se afirmar que na colisão, a energia mecânica do sistema terra + objeto não se conserva, mas o momento linear desse sistema se conserva.</b></p> <p>Se a altura após a colisão é menor, a energia potencial também é menor, portanto não houve conservação da energia, no entanto em qualquer colisão o momento linear do sistema se conserva.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) o corpo sempre atingirá uma altura menor que <math>h</math>, pois nem a energia mecânica nem o momento linear do sistema terra + objeto se conservam.</p> <p>O momento linear se conserva.</p>
	<p>c) dependendo do tipo de colisão, o corpo poderá atingir uma altura maior que <math>h</math>.</p> <p>Violaria o princípio de conservação da energia.</p>
	<p>d) se a colisão for perfeitamente inelástica nem a energia mecânica, nem a quantidade de movimento do sistema terra + objeto se conservam.</p> <p>O momento linear se conserva. A terra tem seu momento alterado. A alteração é desprezível mas não é zero.</p>



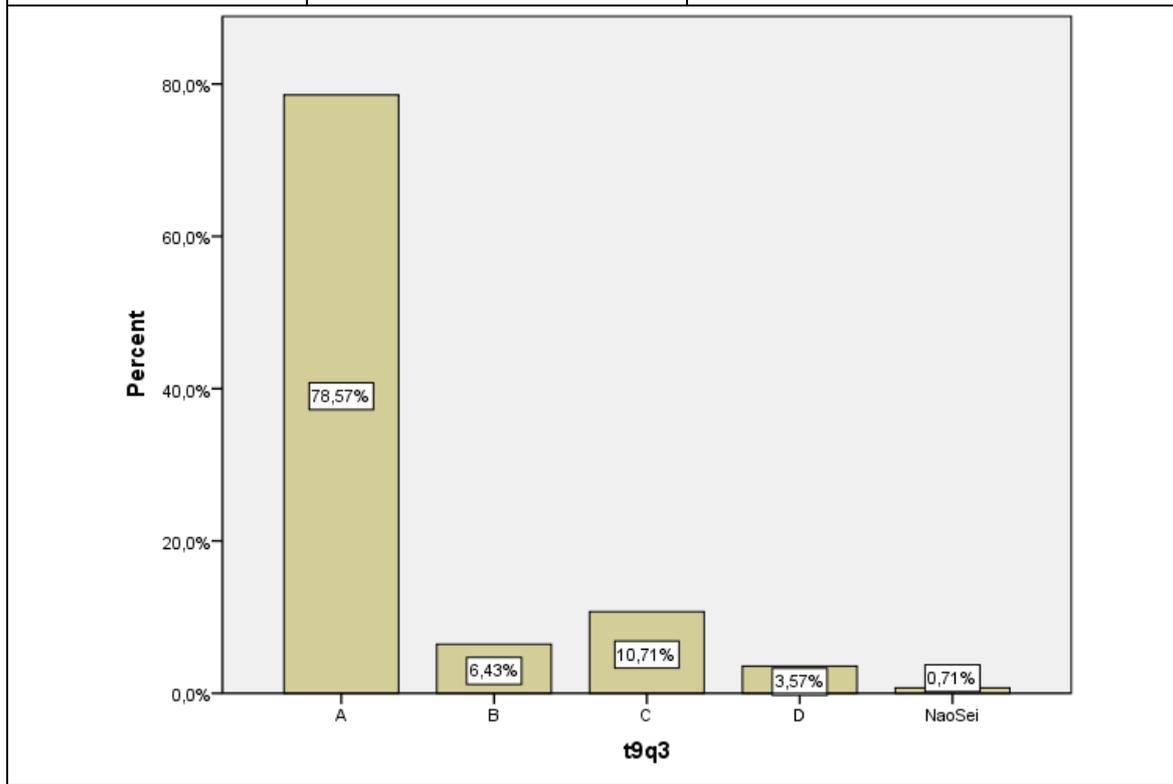
<b>Teste 8 - Item #4 (T8Q4)</b>	
<b>Conceitos abordados</b>	Vetor momento linear. Colisão perfeitamente elástica.
<b>Comentários</b>	Em geral os alunos ignoram o caráter vetorial do momento linear o que leva a conclusões inconsistentes com o teorema do impulso e a 3ª lei de Newton, como podemos observar nas respostas a este item.
<b>Enunciado</b>	Um corpo de massa $m$ move-se com velocidade de módulo $v$ sobre uma superfície horizontal lisa. Após colidir com uma parede o corpo retorna com velocidade de mesmo módulo, mesma direção e sentido contrário ao inicial. Nesta colisão:
<b>Resposta</b>	<p><b>a) A energia mecânica do corpo se conserva e a variação da quantidade de movimento do corpo não é nula.</b></p> <p>Energia é escalar, momento linear é vetorial. Se o momento antes da colisão é <math>-mv</math> o momento após a colisão será <math>+mv</math> e a variação <math>2mv</math>.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) A energia mecânica do corpo se conserva e a variação da quantidade de movimento do corpo é nula.</p> <p>Resposta mais escolhida, onde o aluno não considera o aspecto vetorial do momento linear.</p>
	<p>c) A energia mecânica do corpo não se conserva e a variação da quantidade de movimento do corpo é nula.</p> <p>A energia se conserva.</p>
	<p>d) A energia mecânica do corpo não se conserva e a variação da quantidade de movimento do corpo não é nula.</p> <p>A energia se conserva.</p>



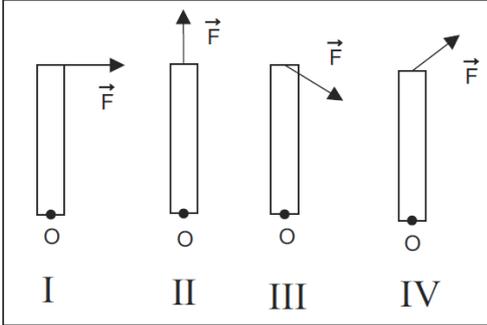
Teste 9 - Item #1 (T9Q1)											
<b>Conceitos abordados</b>	Torque e momento angular.										
<b>Comentários</b>	Item baseado nos aspectos vetoriais dos conceitos de torque e momento angular. Não está explícito no texto se as perguntas se referem a todo o trajeto ou a um ponto específico.										
<b>Enunciado</b>	<p>Um projétil é lançado obliquamente de um ponto O e atinge um ponto M. Despreze os atritos. A respeito do torque da força peso e do momento angular do projétil medidos em relação ao ponto O, podemos afirmar que:</p> 										
<b>Resposta</b>	<p><b>c) o torque da força peso é diferente de zero e o momento angular não é constante.</b></p> <p>O ângulo formado pelo vetor posição e a força peso durante a trajetória é variável, portanto o torque do peso não é zero exceto no momento do lançamento. O momento angular também varia ao longo da trajetória.</p>										
<b>Distratores</b>	<p>b) o torque da força peso é zero e o momento angular é constante.</p> <p>Se o momento angular fosse constante o torque seria zero, mas não é o caso.</p>										
	<p>a) O torque da força peso é zero e o momento angular não é constante.</p> <p>O torque da força peso em relação ao ponto O varia.</p>										
	<p>d) o torque da força peso é diferente de zero e o momento angular é constante.</p> <p>Se o momento angular fosse constante o torque seria zero, mas não é o caso.</p>										
 <table border="1"> <caption>Distribuição de Respostas para o Item t9q1</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>22,86%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>40,00%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>22,14%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>15,00%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	22,86%	B	40,00%	C	22,14%	D	15,00%
Opção	Porcentagem										
A	22,86%										
B	40,00%										
C	22,14%										
D	15,00%										

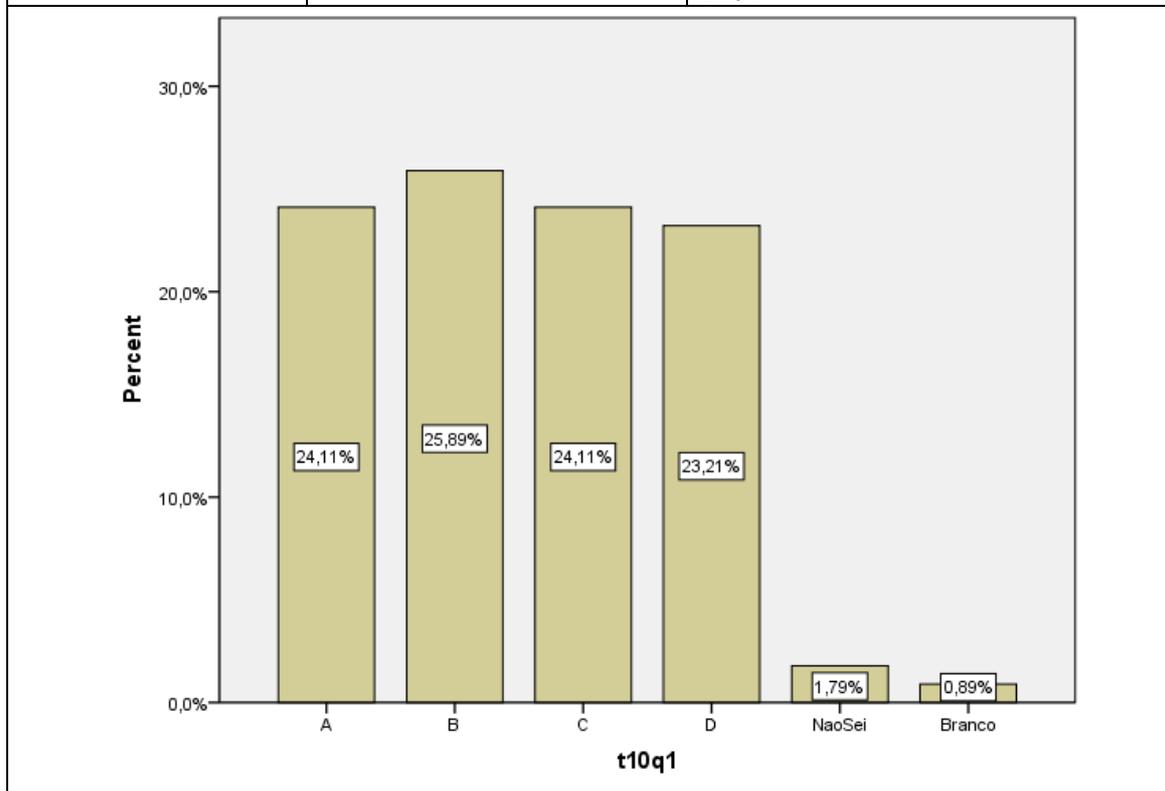
Teste 9 - Item #2 (T9Q2)													
<b>Conceitos abordados</b>	Vetor momento angular. Produto vetorial.												
<b>Comentários</b>	Aplicação da regra da mão direita para produto vetorial e do conceito de torque. Não está expresso que a constante não é nula.												
<b>Enunciado</b>	A Terra descreve uma órbita plana (no plano xy) em torno do Sol. Se o torque da força de atração gravitacional em relação ao centro do Sol é $\tau$ e o momento angular da Terra em relação ao centro do Sol é $L$ , podemos afirmar que:												
<b>Resposta</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">           a) <math>\vec{L} = (constante)\hat{z}</math> </div> <div style="width: 50%;">           Em relação ao centro do Sol o ângulo entre a força e o vetor posição é zero, portanto o torque é zero e o momento angular constante na direção do eixo z.         </div> </div>												
<b>Distratores</b>	b) $\vec{L} = (constante)\hat{x}$ Regra da mão direita.												
	c) $\vec{\tau} = (constante)\hat{z}$ O torque é zero.												
	d) $\vec{\tau} = (constante)\hat{x}$ O torque é zero.												
<table border="1"> <caption>Data for Bar Chart: Percent Distribution of Responses</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>43,57%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>15,00%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>27,14%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>13,57%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,71%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Percent	A	43,57%	B	15,00%	C	27,14%	D	13,57%	NaoSei	0,71%
Resposta	Percent												
A	43,57%												
B	15,00%												
C	27,14%												
D	13,57%												
NaoSei	0,71%												

Teste 9 - Item #3 (T9Q3)	
<b>Conceitos abordados</b>	Momento de Inércia. Conservação do momento angular.
<b>Comentários</b>	O momento angular é proporcional ao momento de inércia do corpo.
<b>Enunciado</b>	Durante um salto, um ginasta controla sua velocidade angular alterando a forma de seu corpo. Assinale a alternativa correta:
<b>Resposta</b>	<p><b>a) Ao se encolher, o ginasta aumenta sua velocidade angular, pois seu momento de inércia diminui.</b></p> <p>Para que o momento angular se conserve ao diminuir o momento de inércia a velocidade angular deve aumentar já que o momento angular é o produto do momento de inércia pela velocidade angular.</p>
<b>Distratores</b>	<p>b) Ao se encolher, o ginasta diminui sua velocidade angular, pois seu momento de inércia diminui.</p> <p>Grandezas inversamente proporcionais.</p>
	<p>c) Ao se encolher, o ginasta aumenta sua velocidade angular, pois seu momento de inércia aumenta.</p> <p>Grandezas inversamente proporcionais.</p>
	<p>d) Ao se encolher, o ginasta diminui sua velocidade angular, pois seu momento de inércia aumenta.</p> <p>O momento de inércia diminui, pois a distribuição de massa do corpo se aproxima do centro de rotação.</p>

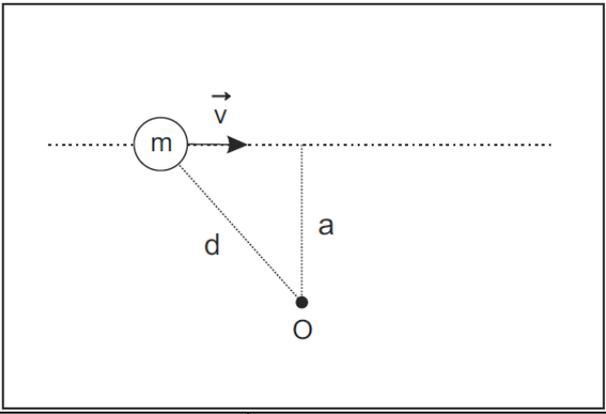
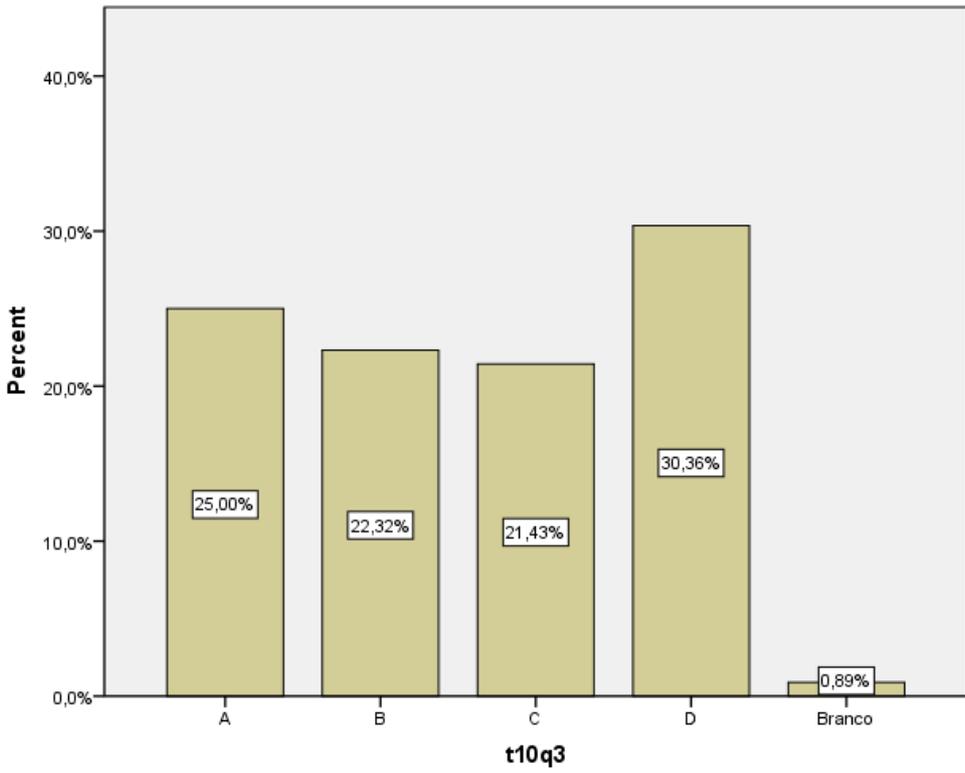


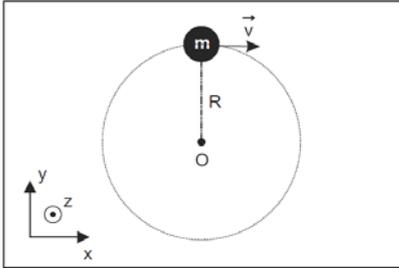
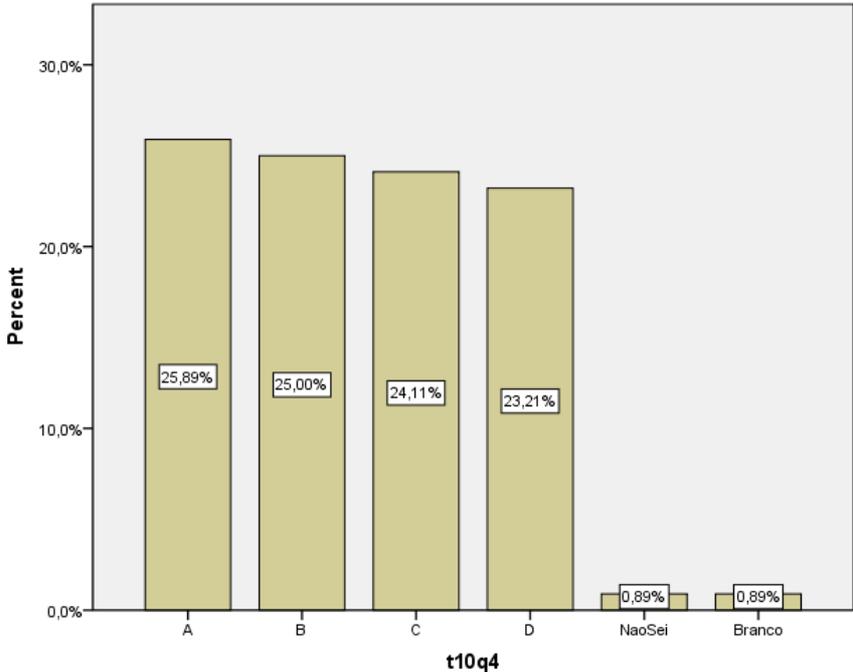
Teste 9 - Item #4 (T9Q4)													
<b>Conceitos abordados</b>	Conservação do momento linear. Conservação do momento angular.												
<b>Comentários</b>	Uma questão importante do ponto de vista da análise de colisões microscópicas. Sua resolução numérica é muito difícil para os alunos, mas a análise conceitual é simples se os princípios de conservação foram compreendidos.												
<b>Enunciado</b>	<p>Considere que os objetos mostrados na figura A estão apoiados sobre uma superfície horizontal e lisa e que a colisão entre as partículas é elástica de modo que a energia, o momento linear e o momento angular do sistema se conserva. Nas figuras I, II, III e IV são mostradas possíveis configurações para o movimento do sistema após a colisão. Quais das configurações são possíveis?</p>												
<b>Resposta</b>	<p>a) I, II. Se a colisão for frontal, podemos ter a configuração II após a colisão. Se não, podemos ter a I.</p>												
<b>Distratores</b>	b) I, II, III, IV. Viola a conservação do momento angular e do momento linear.												
	c) I, II, III. Viola a conservação do momento angular.												
	d) I, III. Viola a conservação do momento angular.												
<table border="1"> <caption>Percentagem de Respostas Corretas</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>87,14%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0,71%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>7,14%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>4,29%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,71%</td> </tr> </tbody> </table>		Opção	Porcentagem	A	87,14%	B	0,71%	C	7,14%	D	4,29%	NaoSei	0,71%
Opção	Porcentagem												
A	87,14%												
B	0,71%												
C	7,14%												
D	4,29%												
NaoSei	0,71%												

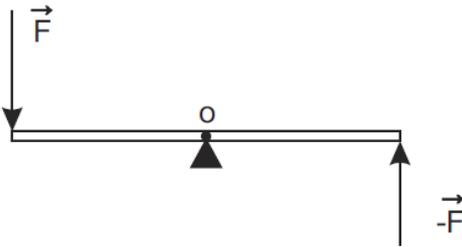
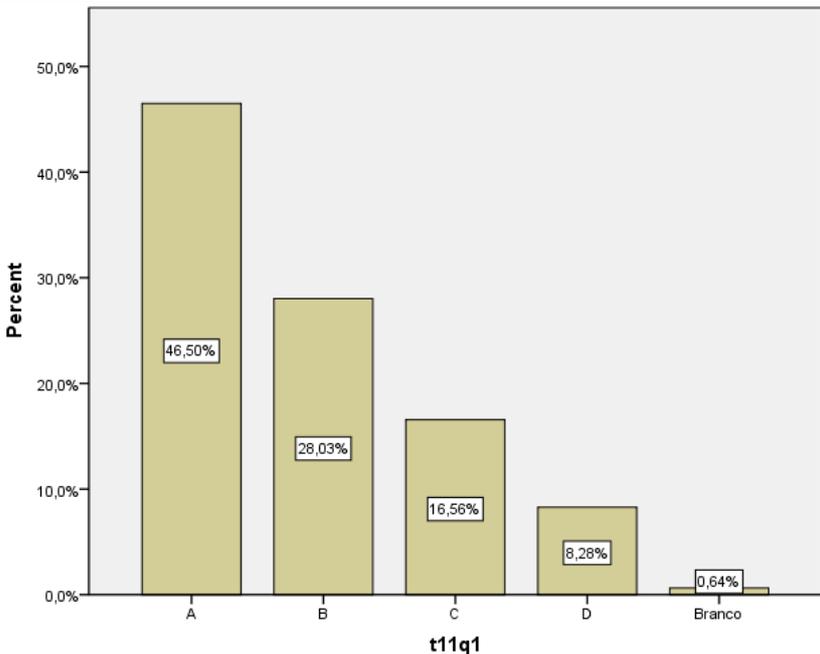
Teste 10 - Item #1 (T10Q1)	
<b>Conceitos abordados</b>	Torque de uma força.
<b>Comentários</b>	Conceito básico de torque. Em todos os casos abaixo a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto de fixação é a mesma, desse modo o torque será maior no caso em que o ângulo entre a força e barra for de $90^\circ$ .
<b>Enunciado</b>	<p>Uma barra rígida está presa por um eixo perpendicular à barra que passa pelo ponto O em uma de suas extremidades. Sobre a outra extremidade da barra é aplicada uma força de módulo F de diversas maneiras como mostram as figuras. Em qual das situações o torque produzido pela força F em relação ao ponto O tem maior valor?</p> 
<b>Resposta</b>	a) I <span style="float: right;">Ângulo de <math>90^\circ</math>, o que significa que o torque é máximo.</span>
<b>Distratores</b>	b) II <span style="float: right;">Torque zero.</span>
	c) III <span style="float: right;">Torque menor que o máximo, pois o ângulo é menor que <math>90^\circ</math>.</span>
	d) IV <span style="float: right;">Torque menor que o máximo, pois o ângulo é maior que <math>90^\circ</math> e menor que <math>270^\circ</math>.</span>

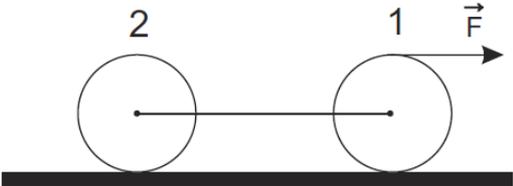
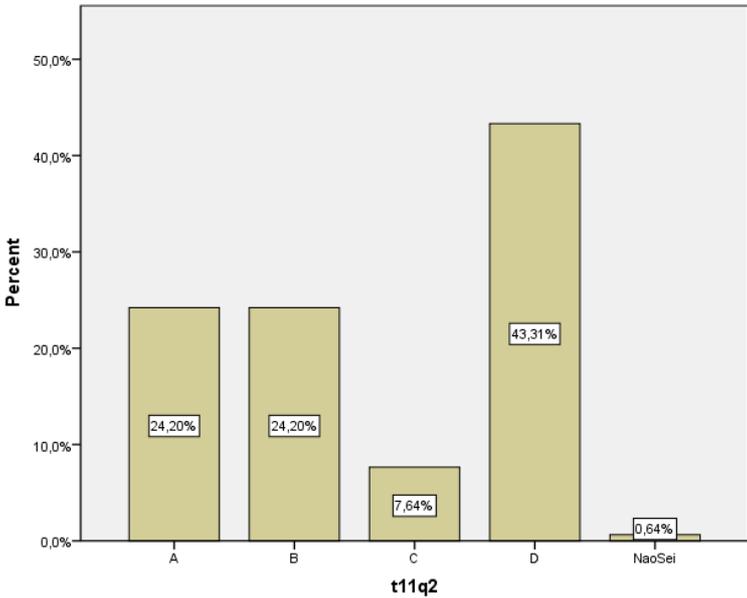


Teste 10 - Item #2 (T10Q2)															
<b>Conceitos abordados</b>	Torque de uma força.														
<b>Comentários</b>	O torque pode ser entendido conceitualmente como o produto vetorial da força pela menor distância entre o ponto de fixação e a linha de ação da força.														
<b>Enunciado</b>	<p>O torque produzido pela força <math>F</math> sobre a barra rígida de comprimento <math>L</math> (figura I) presa a um eixo perpendicular a barra vale <math>\tau</math> (em relação ao ponto <math>O</math>). Nas figuras 2 e 3 a mesma força é aplicada a outros dois corpos também presos por um ponto <math>O</math> a um eixo fixo perpendicular aos corpos. Os módulos dos torques em relação ao ponto <math>O</math> para as situações descritas nas figuras II e III valem respectivamente:</p>														
<b>Resposta</b>	<p>a) <math>2\tau</math> e <math>\tau</math></p> <p>Como na figura II a distância dobra em relação a figura I e o ângulo permanece o mesmo, o torque dobra. Na figura III a distância entre a linha de ação da força e o ponto de fixação é a mesma da figura I, então o torque é o mesmo.</p>														
<b>Distratores</b>	<p>b) <math>2\tau</math> e <math>2\tau</math></p> <p>Idem. Confusão com que distância utilizar no cálculo do torque.</p> <p>c) <math>\tau</math> e <math>\tau</math></p> <p>Idem. Desconhecimento do conceito de torque.</p> <p>d) <math>\tau</math> e <math>2\tau</math></p> <p>Idem.</p>														
<table border="1"> <caption>Percentagem de Respostas para o Item t10q2</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Percentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>32,14%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>19,64%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>26,79%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>19,64%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,89%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>0,89%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Percentagem	A	32,14%	B	19,64%	C	26,79%	D	19,64%	NaoSei	0,89%	Branco	0,89%
Resposta	Percentagem														
A	32,14%														
B	19,64%														
C	26,79%														
D	19,64%														
NaoSei	0,89%														
Branco	0,89%														

Teste 10 - Item #3 (T10Q3)														
<b>Conceitos abordados</b>	Momento angular.													
<b>Comentários</b>	Aplicação direta do conceito de momento angular como o produto vetorial entre os vetores posição e momento linear.													
<b>Enunciado</b>	<p>Na figura a seguir o corpo de massa <math>m</math> se move em linha reta com velocidade constante. Qual o módulo do momento angular do corpo em relação ao ponto <math>O</math>?</p> 													
<b>Resposta</b>	a) $mva$	O módulo torque será igual a $mvd\text{sen}\theta$ , onde $\theta$ é o ângulo entre os vetores velocidade e posição.												
<b>Distratores</b>	b) $mvd$	Idem. Desconhecimento do conceito.												
	c) zero	Idem. Desconhecimento do conceito.												
	d) impossível de determinar.	Idem. Desconhecimento do conceito.												
 <table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas para o Item t10q3</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>25,00%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>22,32%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>21,43%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>30,36%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>0,89%</td> </tr> </tbody> </table>			Alternativa	Percent	A	25,00%	B	22,32%	C	21,43%	D	30,36%	Branco	0,89%
Alternativa	Percent													
A	25,00%													
B	22,32%													
C	21,43%													
D	30,36%													
Branco	0,89%													

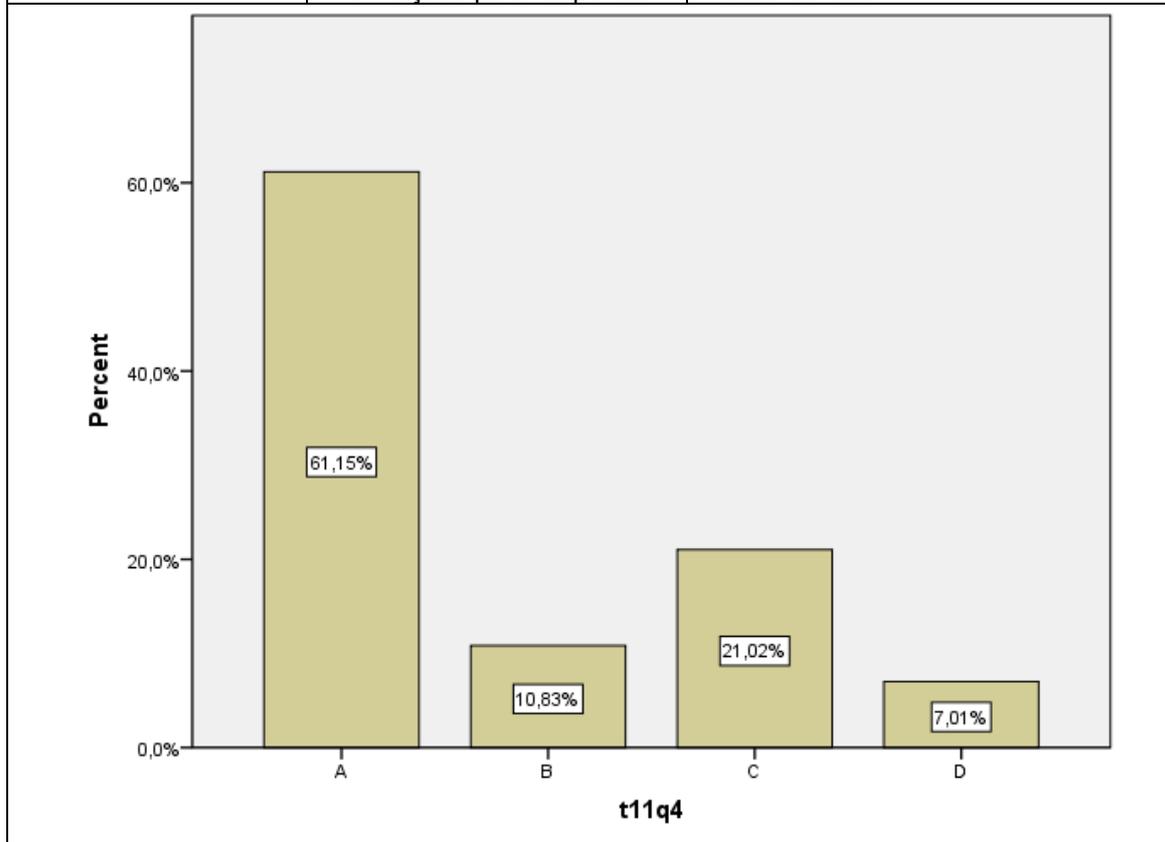
Teste 10 - Item #4 (T10Q4)															
<b>Conceitos abordados</b>	Torque e momento angular.														
<b>Comentários</b>	Conceito de torque como variação do momento angular e de momento angular como o produto vetorial entre os vetores posição e momento linear.														
<b>Enunciado</b>	<p>Um corpo de massa <math>m</math> executa um movimento circular uniforme sobre uma superfície lisa, preso por um fio de massa desprezível a um ponto <math>O</math>. Considere os eixos <math>x</math> e <math>y</math> no plano da mesa e o eixo <math>z</math> apontando para o leitor. O que podemos afirmar sobre os vetores torque e momento angular do corpo?</p> 														
<b>Resposta</b>	<p>a) <math>\vec{\tau}_0 = 0, \vec{L}_0 = mRv\hat{z}</math></p> <p>Como o momento angular é o produto vetorial entre o momento e a posição ele é constante e seu módulo vale <math>mRv</math> na direção positiva do eixo <math>z</math>. Como o momento angular é constante, o torque é zero o que também pode ser concluído conceitualmente pois a força resultante sobre o corpo é radial e portanto forma um ângulo zero com o vetor posição, então o torque é nulo.</p>														
<b>Distratores</b>	b) $\vec{\tau}_0 = \tau_0\hat{z}, \vec{L}_0 = L_0\hat{z}$	Idem.													
	c) $\vec{\tau}_0 = 0, \vec{L}_0 = 0$	Idem.													
	d) $\vec{\tau}_0 = \tau_0\hat{x}, \vec{L}_0 = L_0\hat{z}$	Idem.													
 <table border="1"> <caption>Data for Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>25.89%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>25.00%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>24.11%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>23.21%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0.89%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>0.89%</td> </tr> </tbody> </table>		Category	Percent	A	25.89%	B	25.00%	C	24.11%	D	23.21%	NaoSei	0.89%	Branco	0.89%
Category	Percent														
A	25.89%														
B	25.00%														
C	24.11%														
D	23.21%														
NaoSei	0.89%														
Branco	0.89%														

<b>Teste 11 - Item #1 (T11Q1)</b>													
<b>Conceitos abordados</b>	Torque de várias forças. Aceleração angular. Rotação de um corpo rígido.												
<b>Comentários</b>	O conceito envolvido é a relação entre torque e aceleração angular como grandezas diretamente proporcionais.												
<b>Enunciado</b>	<p>Uma barra rígida está fixa a seu centro O, e pode girar num plano perpendicular à barra (como uma gangorra). Sobre os dois extremos da barra, a uma mesma distância do ponto O, são aplicadas duas forças iguais e de sentidos opostos (um binário de forças) como na figura. Podemos afirmar que:</p> 												
<b>Resposta</b>	<p>a) a resultante dos torques em relação ao ponto O das forças é não nula, e portanto a barra gira com aceleração angular constante.</p> <p>O torque produzido por um binário não é zero. Se o torque não é zero temos uma aceleração angular constante diferente de zero.</p>												
<b>Distratores</b>	<p>b) a resultante dos torques em relação ao ponto O das forças é nula, e portanto a barra gira com velocidade angular constante.</p> <p>Confusão entre os conceitos de aceleração e velocidade angulares.</p>												
	<p>c) a resultante dos torques em relação ao ponto O das forças é nula e portanto a barra não gira.</p> <p>Erro no calculo do torque.</p>												
	<p>d) a resultante das forças sobre a barra é nula e portanto a barra não gira.</p> <p>Força resultante nula não significa que não há rotação.</p>												
 <table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas para o Item t11q1</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>46,50%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>28,03%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>16,56%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>8,28%</td> </tr> <tr> <td>Branco</td> <td>0,64%</td> </tr> </tbody> </table>		Alternativa	Percent	A	46,50%	B	28,03%	C	16,56%	D	8,28%	Branco	0,64%
Alternativa	Percent												
A	46,50%												
B	28,03%												
C	16,56%												
D	8,28%												
Branco	0,64%												

Teste 11 - Item #2 (T11Q2)													
<b>Conceitos abordados</b>	Torque. Rotação de um corpo rígido. Terceira lei de Newton.												
<b>Comentários</b>	Item complexo envolvendo diferentes conceitos.												
<b>Enunciado</b>	<p>Na figura abaixo, temos dois cilindros 1 e 2 que se movem puxados por uma força <math>F</math>. Os dois cilindros são idênticos, e seus centros estão ligados por uma corda ideal. Os rolamentos são sem deslizamento. Podemos afirmar que:</p> 												
<b>Resposta</b>	<p>a) a força de atrito sobre o cilindro 1 está no mesmo sentido da força <math>F</math>, e a força de atrito sobre o cilindro 2 está no sentido oposto a esta força.</p> <p>O cilindro 2 é puxado por seu centro e gira no sentido horário, desse modo a força aplicada em sua parte inferior (força de atrito) só pode ser contrária a <math>F</math>. O cilindro 1 ao ser puxado por cima e estando preso pelo seu centro, tende a girar no sentido horário “empurrando” a superfície para trás, desse modo a força de atrito, que é a reação a força que o cilindro exerce no solo está no mesmo sentido de <math>F</math>.</p>												
<b>Distratores</b>	<p>b) as forças de atrito sobre os cilindros 1 e 2 estão no mesmo sentido da força <math>F</math>.</p> <p>Não é a força de atrito a única responsável pelos movimentos dos cilindros.</p>												
	<p>c) a força de atrito sobre o cilindro 1 está no sentido oposto ao da força <math>F</math>, e a força de atrito sobre o cilindro 2 está no mesmo sentido desta força.</p> <p>Erro de leitura?</p>												
	<p>d) as forças de atrito sobre os cilindros 1 e 2 estão no mesmo sentido, oposto ao da força <math>F</math>.</p> <p>Raciocínio simplificado de que a força de atrito é “contrária ao movimento”.</p>												
 <table border="1"> <caption>Distribuição Percentual das Respostas para o Item t11q2</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>24,20%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>24,20%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>7,64%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>43,31%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,64%</td> </tr> </tbody> </table>		Alternativa	Percent	A	24,20%	B	24,20%	C	7,64%	D	43,31%	NaoSei	0,64%
Alternativa	Percent												
A	24,20%												
B	24,20%												
C	7,64%												
D	43,31%												
NaoSei	0,64%												

Teste 11 - Item #3 (T11Q3)													
<b>Conceitos abordados</b>	Rotação de um corpo rígido. Momento de inércia.												
<b>Comentários</b>	Item envolvendo um conceito complexo relacionado tempo de descida em um plano inclinado com momento de inércia. Tanto a velocidade quanto a aceleração e, conseqüentemente o tempo de descida de um corpo descendo um plano inclinado sem escorregar não dependem da massa nem do raio do corpo. A diferença surge em corpos com momentos de inércia diferentes.												
<b>Enunciado</b>	Um cilindro sólido e um aro circular descem o mesmo plano inclinado rolando sem escorregar. Qual dos dois leva o menor tempo para descer o plano?												
<b>Resposta</b>	<p>a) O cilindro.</p> <p>Quando menor o momento de inércia do corpo maiores serão sua velocidade e aceleração e, portanto menor o tempo de descida. Momento de inércia maior significa que é mais difícil de girar o corpo, portanto ele leva um tempo maior para descer. Como o aro tem momento de inércia maior ele leva um tempo maior.</p>												
<b>Distratores</b>	b) O aro.	Idem.											
	c) Os dois levam o mesmo tempo.	Idem.											
	d) Depende das massa e raios.	O aluno não entende que cilindros de raios e massas diferentes levam o mesmo tempo, ou seja, o tempo não depende nem do raio nem da massa do cilindro.											
<table border="1"> <caption>Data for the bar chart: Percent distribution of responses for t11q3</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>16,56%</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>11,46%</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>12,10%</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>59,24%</td> </tr> <tr> <td>NaoSei</td> <td>0,64%</td> </tr> </tbody> </table>		Resposta	Percent	A	16,56%	B	11,46%	C	12,10%	D	59,24%	NaoSei	0,64%
Resposta	Percent												
A	16,56%												
B	11,46%												
C	12,10%												
D	59,24%												
NaoSei	0,64%												

Teste 11 - Item #4 (T11Q4)	
<b>Conceitos abordados</b>	Rotação de um corpo rígido.
<b>Comentários</b>	Neste item é necessário o conceito de que o movimento de uma roda que gira sem escorregar pode ser entendido como uma composição de um movimento de rotação com um de translação.
<b>Enunciado</b>	Uma roda gira sem escorregar sobre uma superfície horizontal. O centro de massa da roda se desloca com velocidade de módulo $v$ . A parte mais baixa da roda tem velocidade de módulo:
<b>Resposta</b>	a) Zero. A parte mais baixa tem como velocidade resultante $v+(-v)$ onde $v$ é a velocidade do centro de massa.
<b>Distratores</b>	b) $v$ Em uma roda girando sem escorregar a velocidade dos pontos superior e inferior não podem ser iguais as do centro de massa, pois neste caso a roda não giraria.
	c) $2v$ O ponto mais alto é que tem como resultante $2v$ .
	d) são necessárias mais informações para responder. O resultado depende do raio ou da massa da roda.



**ANEXO**

**PROVAS DE FÍSICA IA DE 2011/2**



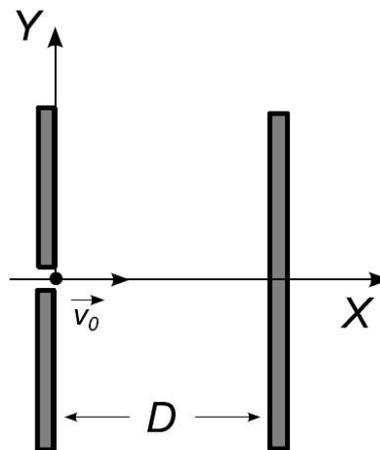
## Instituto de Física - UFRJ

Primeira Prova de Física IA - 2011/2

Obs: em todas as questões em que for necessário, considere que  $g$  é o módulo da aceleração da gravidade

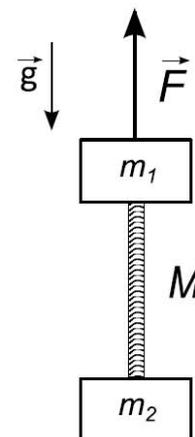
Questão 1) Um íon penetra na região entre duas placas planas e paralelas, uma em  $x = 0$  e a outra em  $x = D$ . No instante  $t = 0$ , ao passar pela origem com velocidade  $\vec{v}_0 = v_0 \hat{i}$ , como representado na figura, o íon sofre a ação de forças elétricas, que imprimem ao mesmo uma aceleração da forma  $\vec{a} = a_1 \hat{i} + a_2 \hat{j}$ , onde  $a_1$  e  $a_2$  são constantes positivas. Considerando o movimento do íon até que este atinja a placa em  $x = D$ , e desprezando o peso do íon:

- obtenha os vetores posição  $\vec{r}(t)$  e velocidade  $\vec{v}(t)$  do íon em função do tempo;
- determine a coordenada  $y_c$  do ponto de impacto do íon com a placa.
- Em algum instante o vetor velocidade do íon é (i) perpendicular ou (ii) paralelo ao vetor aceleração? Justifique a sua resposta.

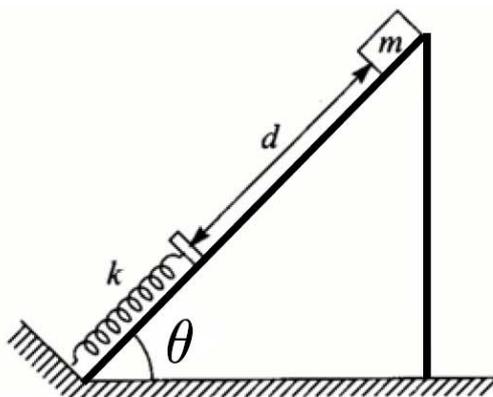


Questão 2) Os dois blocos mostrados na figura estão ligados por uma corda uniforme, inextensível e pesada de massa  $M$ . Um agente externo aplica uma força vertical  $\vec{F}$  contrária ao campo de gravitação constante  $\vec{g}$ , sobre o bloco superior, conforme indicado na figura ao lado. O bloco superior tem massa  $m_1$  e o inferior  $m_2$ . Consideramos como dados: as massas dos três corpos, a força externa  $F$  e a aceleração da gravidade terrestre  $g$ .

- Para cada bloco e para a corda, desenhe o diagrama de corpo livre identificando cada força que atua no respectivo corpo.
- Escreva as equações de Newton para cada bloco e para a corda.
- Determine a aceleração com que cada bloco e a corda se movimentam.
- Determine as tensões no topo e no fundo da corda.
- Qual é o valor da tensão no meio da corda?

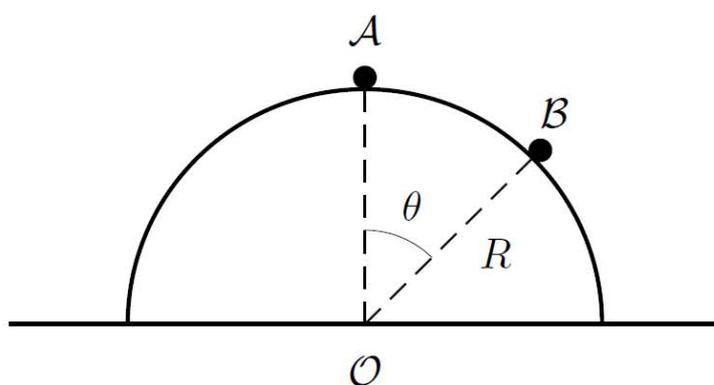


- Questão 3) Um bloco de massa  $m$  é solto a partir do repouso do alto de um plano cuja inclinação é  $\theta$  em relação ao plano horizontal. Este plano é feito de um material tal que o coeficiente de atrito cinético não é constante. Depois de percorrer uma distância  $d$  ao longo do plano, o bloco colide com uma mola de constante elástica  $k$ , e de massa desprezível, que se encontra relaxada. Após o impacto a mola sofre uma compressão  $s$  e a massa para momentaneamente. Determine:
- energia dissipada pela força de atrito, em função dos dados ( $m$ ,  $g$ ,  $k$ ,  $s$ ,  $d$  e  $\theta$ );
  - o menor valor do coeficiente de atrito estático  $\mu_e$ , para que o bloco permaneça em repouso na situação de compressão máxima da mola.



- Questão 4) Uma criança de massa  $m$  encontra-se no topo de um domo esférico de raio  $R$  (representado pelo ponto  $\mathcal{A}$  na figura). Inicialmente em repouso, ela começa a escorregar com velocidade inicial desprezível, devido a uma pequena perturbação, sem atrito, pelo domo esférico passando pelo ponto  $\mathcal{B}$ , onde ainda mantém contato com a superfície, conforme indicado na figura.

- A energia mecânica conserva-se? Por quê? Qual é o módulo da velocidade da criança no ponto  $\mathcal{B}$ ? Considere que o zero da energia potencial gravitacional como sendo o solo.
- No ponto  $\mathcal{B}$ , cuja direção  $\mathcal{OB}$  faz o ângulo  $\theta$  com a vertical, faça o diagrama de forças que atua na criança e escreva a 2ª Lei de Newton correspondente a esta direção.
- Calcule a altura,  $h$ , na qual a criança perde o contato com a superfície do domo.





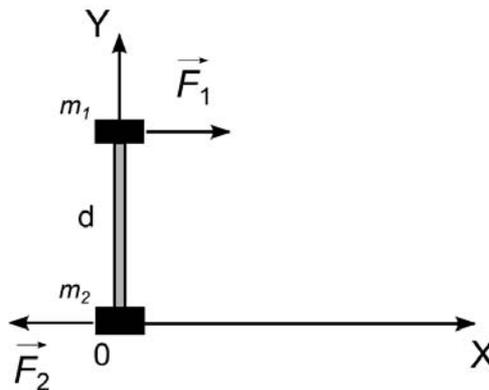
## Instituto de Física - UFRJ

Segunda Prova de Física IA - 2011/2

Obs: em todas as questões em que for necessário, considere que  $g$  é o módulo da aceleração da gravidade

Questão 1) Dois blocos de massas  $m_1 = m$  e  $m_2 = 2m$  estão presos por uma barra fina, rígida e de massa desprezível. O sistema blocos-barra está em repouso, sobre uma mesa horizontal sem atrito, na configuração mostrada na figura abaixo de acordo com o sistema de coordenadas YOX. Num dado instante  $t_0 = 0s$  aplicam-se simultaneamente duas forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  nas massas  $m_1$  e  $m_2$  respectivamente. Estas forças têm módulos  $F_1 = 4F$  e  $F_2 = F$  e sentidos opostos sendo as suas direções paralelas ao eixo horizontal OX. As forças aplicadas são mantidas constantes durante um certo tempo  $t$ . Durante este tempo, considerando a translação do sistema, determine:

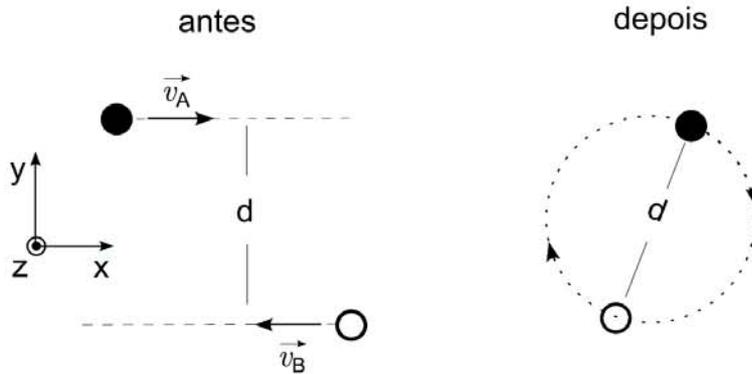
- o vetor aceleração do centro de massa do sistema,  $\vec{a}_{CM}$ ;
- as coordenadas do centro de massa do sistema  $R_X(t)$  e  $R_Y(t)$  para um instante qualquer entre  $t_0$  e  $t$ ;
- de acordo com o item anterior qual a trajetória do centro de massa do sistema;
- Se substituirmos a barra por uma mola (também de massa desprezível), o que acontece com os resultados obtidos nos itens anteriores? Justifique a sua resposta.



Questão 2) Uma partícula de massa  $m$  e velocidade inicial  $\vec{u} = u\hat{i}$ , colide elasticamente com outra de massa  $M$ , inicialmente em repouso no referencial do laboratório. Após a colisão, a partícula de massa  $m$  foi defletida por um ângulo de  $90^\circ$ , e o módulo de sua velocidade foi reduzido para  $u/\sqrt{3}$ . A partícula de massa  $M$  emerge da colisão com velocidade de módulo  $v$ , numa direção que faz um ângulo  $\theta$  com a direção  $\hat{i}$ . Determine:

- o ângulo  $\theta$ ;
- a razão  $\lambda = M/m$  e o valor de  $v$ ;
- o vetor velocidade do centro de massa do sistema, antes da colisão;
- o vetor velocidade do centro de massa após a colisão.
- Compare os resultados obtidos nos itens c) e d). Justifique a sua resposta.

Questão 3) Dois patinadores, cada um com massa  $m$ , deslizando sobre uma pista de gelo de atrito desprezível, aproximam-se um do outro com velocidades  $\vec{v}_A$  e  $\vec{v}_B$  de módulos iguais a  $v$  e de sentidos opostos, segundo retas paralelas separadas por uma distância  $d$ , como esquematicamente mostra a figura. Adote o sistema de referência indicado na figura, com o eixo  $z$  apontando perpendicularmente para fora da folha.



- Obtenha o **vetor** momento angular do sistema em relação ao centro de massa.
- Quando os patinadores estão frente a frente e a distância entre eles é  $d$ , estendem os braços e dão-se as mãos, passando a girar em torno do centro de massa, mantendo entre eles a distância  $d$ . Calcule a velocidade angular de rotação dos patinadores.
- Calcule a energia cinética nesta situação.
- Em um dado instante, os patinadores puxam-se um ao outro, reduzindo sua distância para  $d/2$ . Qual a nova velocidade angular de rotação?
- Qual a nova energia cinética? Ela se conserva? Por quê?

Questão 4) Um carretel de massa  $M$  e momento de inércia  $I = MR^2$ , em relação ao eixo que passa longitudinalmente pelo seu centro de massa, é colocado sobre uma fita fina e rígida presa à parede e ao chão inclinada de um ângulo  $\theta$  em relação ao chão. O carretel possui raios internos e externos iguais a  $r$  e  $R$  respectivamente. Ele parte do repouso e durante o seu movimento rola sem deslizar e não tomba para os lados.

- Escreva as equações de Newton para o movimento de translação e rotação do carretel.
- Determine a aceleração do centro de massa do carretel.
- Determine a inclinação máxima da fita para que o carretel role sem deslizar. Considere que o coeficiente de atrito estático entre o carretel e a fita é igual  $\mu_e$ .

