



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

TESTES CONCEITUAIS EM FÍSICA BÁSICA: Apresentação e análise dos itens

Fausto Lima Custódio

&

Marta Feijó Barroso

Parte integrante da dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2012

Neste trabalho encontram-se os testes aplicados aos estudantes de Física I da Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2011/2, com a análise da resposta e dos distratores e os resultados dos testes aplicados.

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 este trabalho apresenta 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 | p. 3 a 6 |
| Teste 2 | Movimentos em mais de uma dimensão | p. 7 a 10 |
| Teste 3 | Compreensão das leis de Newton | p. 11 a 15 |
| Teste 4 | Fundamentos da dinâmica | p. 16 a 19 |
| Teste 5 | Energia cinética e trabalho de uma força | p. 20 a 23 |
| Teste 6 | A conservação da energia | p. 24 a 27 |
| Teste 7 | A conservação do momento linear | p. 28 a 31 |
| Teste 8 | Colisões entre partículas | p. 32 a 35 |
| Teste 9 | A conservação do momento angular | p. 36 a 39 |
| Teste 10 | Torque de uma força e momento angular | p. 40 a 43 |
| Teste 11 | Movimentos de rotação num plano | p. 44 a 47 |

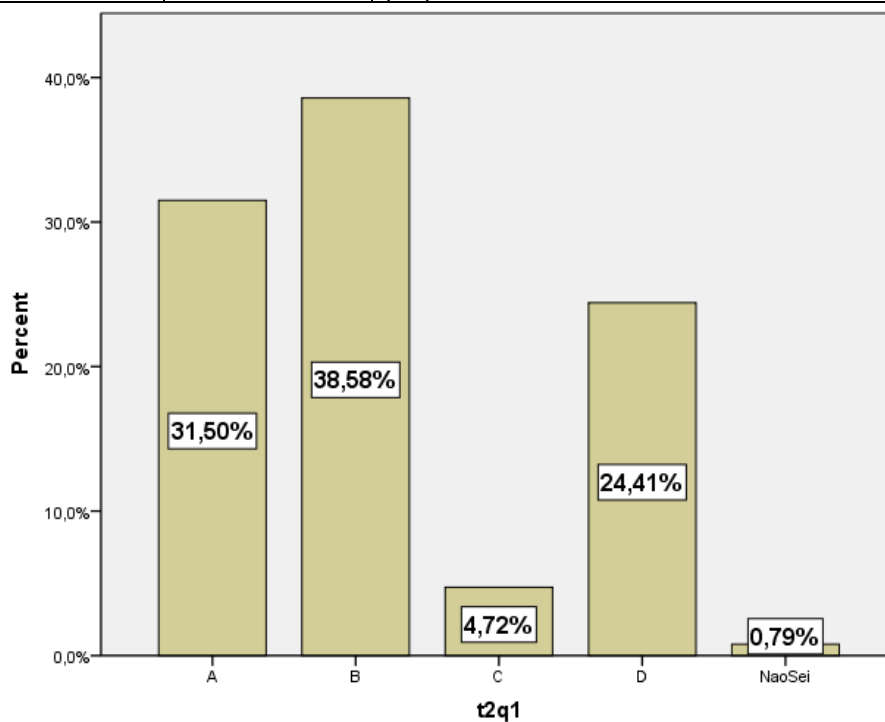
| Teste 1 - Item #1 (T1Q1) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|-------------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Posição, velocidade, deslocamento, tempo, intervalo de tempo. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | A maneira (simplificada) 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). | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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? | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | a) 2 km/h Aplicação correta do conceito de velocidade média, que no MRU é a própria velocidade. | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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>Dados do Gráfico de Barras</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</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 | Porcentagem | A | 77,48% | B | 15,32% | C | 2,70% | D | 3,60% | NaoSei | 0,90% |
| Resposta | Porcentagem | | | | | | | | | | | | |
| A | 77,48% | | | | | | | | | | | | |
| B | 15,32% | | | | | | | | | | | | |
| C | 2,70% | | | | | | | | | | | | |
| D | 3,60% | | | | | | | | | | | | |
| NaoSei | 0,90% | | | | | | | | | | | | |

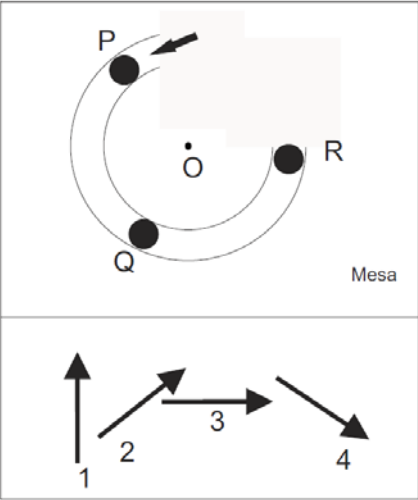
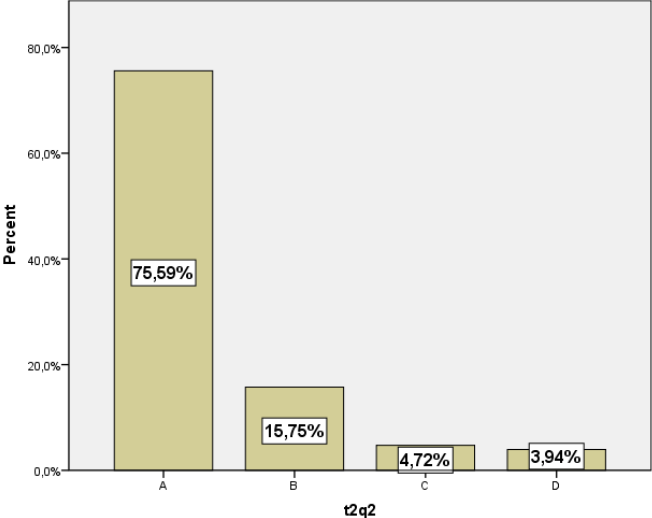
| Teste 1 - Item #2 (T1Q2) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|---------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Velocidade, aceleração, lançamento vertical no vácuo. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | A maioria dos estudantes ao 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. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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? | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) Nas duas situações a bola tem a mesma aceleração.</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> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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% | | | | | | | | | | | | |

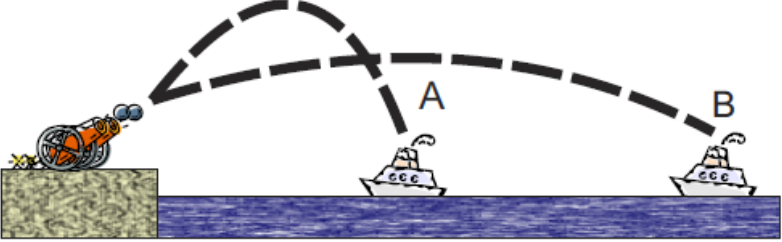
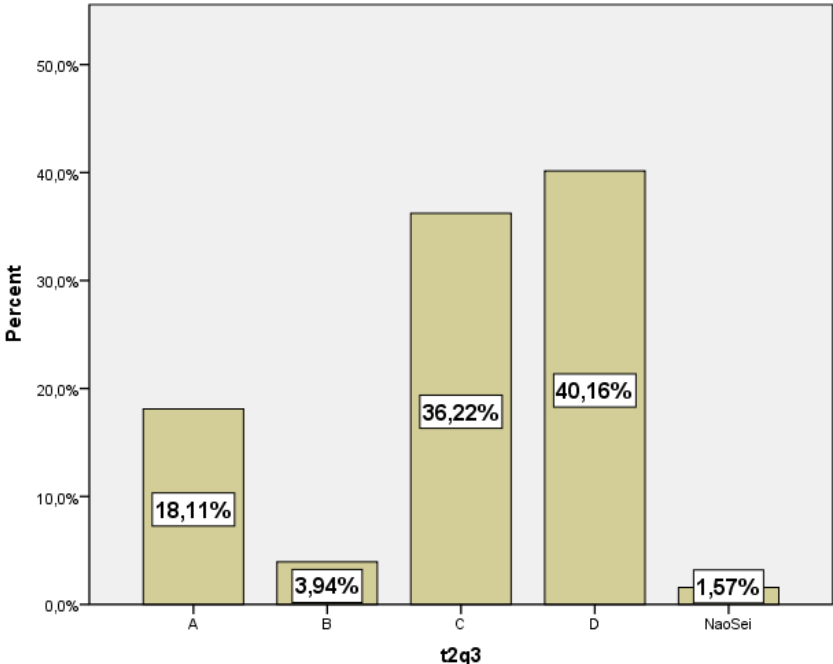
| Teste 1 - Item #3 (T1Q3) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|-------------|---|--------|---|-------|---|--------|---|--------|--------|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Velocidade, aceleração, movimento com aceleração variável. | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Este item confronta o estudante com um movimento com aceleração não constante o que apesar de bastante enriquecedor é raro em cursos introdutórios. | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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? | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) É variável</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> | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) É igual a zero.</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>c) É constante diferente de zero.</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>d) Com os dados apresentados nada podemos afirmar sobre sua aceleração.</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% | | | | | | | | | | | | | | |

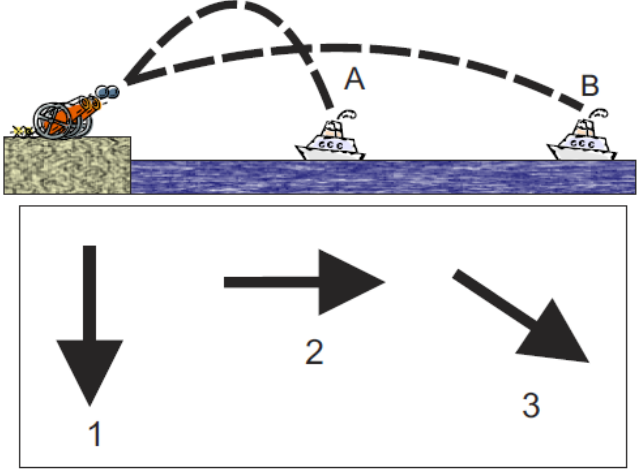
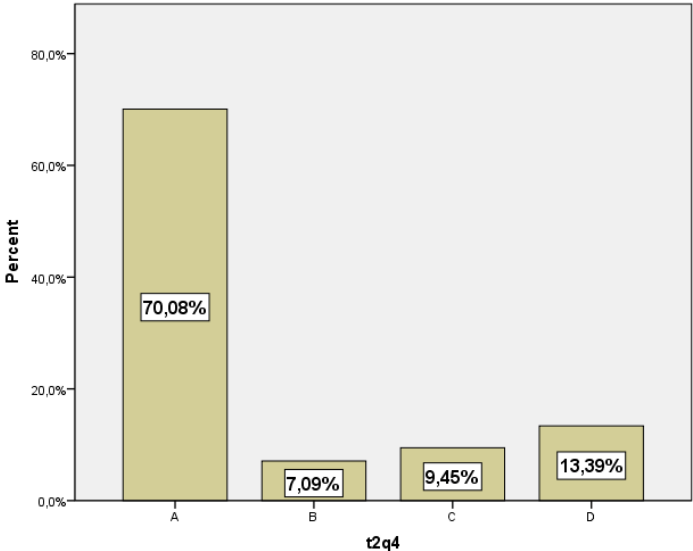
| Teste 1 - Item #4 (T1Q4) | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------------|---|--------|---|-------|---|-------|---|-------|
| Conceitos abordados | Velocidade, posição, leitura e interpretação de um gráfico. | | | | | | | | | | |
| Comentários | Item que verifica a capacidade de leitura e interpretação de um gráfico de posição em função do tempo para descrever um determinado movimento. | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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> | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) No instante $t=-4s$, o corpo encontra-se na posição $x=-1$ m. Continua nesta posição durante 4s, 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 $t=5s$.</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> | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) No instante $t=-4s$, o corpo encontra-se na posição $x=-1$ m. Continua nesta posição durante 4s, 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 $t=5s$.</p> <p>Erro de leitura do gráfico.</p> | | | | | | | | | | |
| | <p>c) No instante $t=-4s$, o corpo encontra-se na posição $x=-1$ m. Continua nesta posição durante 4s, 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 $t=5s$.</p> <p>Erro no cálculo da velocidade.</p> | | | | | | | | | | |
| | <p>d) No instante $t=0s$, o corpo encontra-se na posição $x=-1$ m. Continua nesta posição durante 4s, 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 $t=5s$.</p> <p>Erro de leitura do gráfico.</p> | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <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% | | | | | | | | | | |

| Teste 2 - Item #1 (T2Q1) | |
|---------------------------------|---|
| Conceitos abordados | Módulo, direção e sentido dos vetores velocidade e aceleração, princípio da independência dos movimentos, velocidade e aceleração resultantes. |
| Comentários | 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. |
| Enunciado | Um móvel se desloca de forma que o módulo de sua velocidade diminui. Em que situação seus vetores velocidade e aceleração são perpendiculares? |
| Resposta | a) Nunca. Velocidade e aceleração só serão perpendiculares no movimento circular uniforme, que não é o caso proposto. |
| Distratores | 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. |

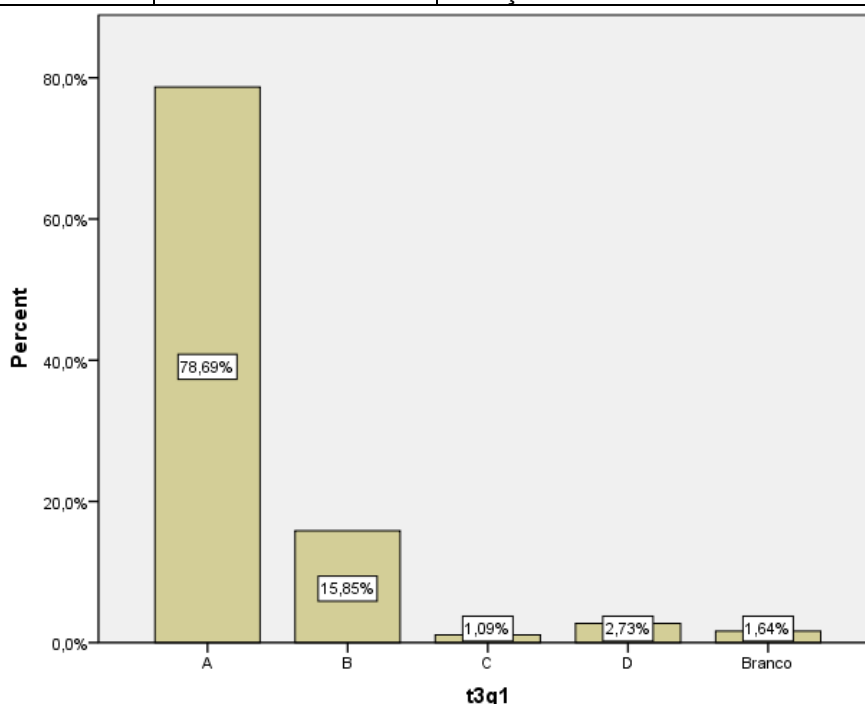


| Teste 2 -Item #2 (T2Q2) | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|
| Conceitos abordados | Módulo, direção e sentido dos vetores velocidade e aceleração, princípio da independência dos movimentos. | | | | | | | | | | |
| Comentários | 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 centrípeta (em direção ao centro da trajetória), não sendo perpendicular à velocidade. | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) 2 Desprezando os atritos o movimento será circular uniforme e a aceleração será a centrípeta que tem direção radial e sentido centro da trajetória.</p> | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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 alternativa</caption> <thead> <tr> <th>Alternativa</th> <th>Percentagem</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> | | Alternativa | Percentagem | A | 75,59% | B | 15,75% | C | 4,72% | D | 3,94% |
| Alternativa | Percentagem | | | | | | | | | | |
| A | 75,59% | | | | | | | | | | |
| B | 15,75% | | | | | | | | | | |
| C | 4,72% | | | | | | | | | | |
| D | 3,94% | | | | | | | | | | |

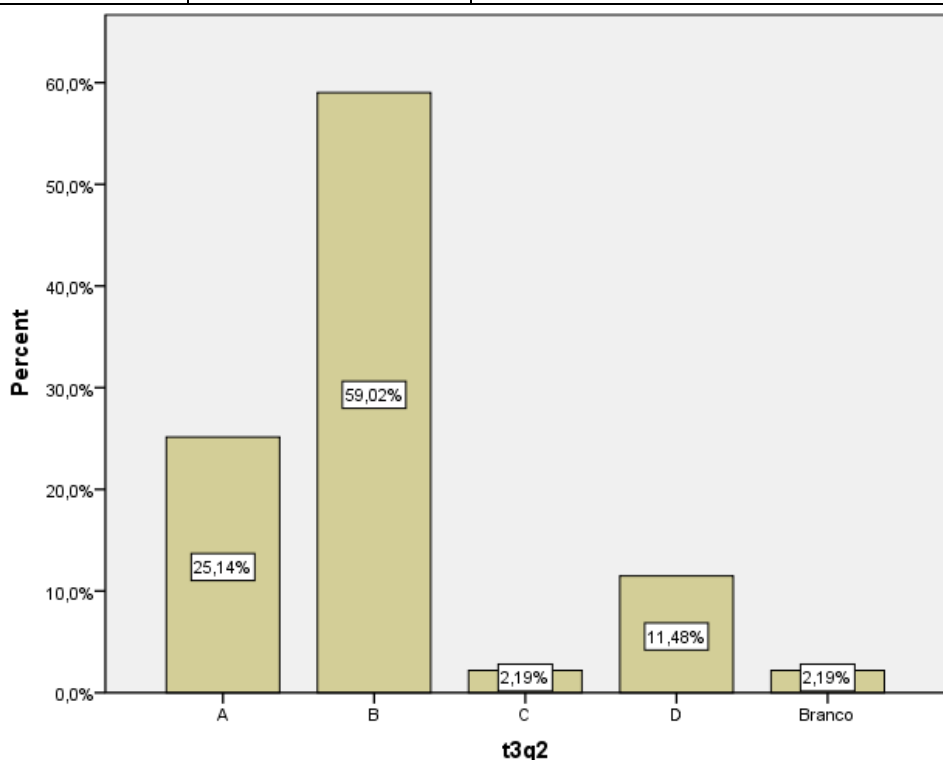
| Teste 2 - Item #3 (T2Q3) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------|---|--------|---|-------|---|--------|---|--------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Relação entre tempo de voo, altura máxima e alcance em um lançamento oblíquo. Princípio da independência dos movimentos. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | 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. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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?  | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | a) B O tempo de voo é proporcional à altura atingida. | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | b) A O aluno imagina que o mais próximo será atingido primeiro. | | | | | | | | | | | | |
| | c) Os dois ao mesmo tempo. O tempo seria o mesmo se a velocidade no lançamento fosse horizontal. | | | | | | | | | | | | |
| | d) Impossível de determinar com os dados fornecidos. 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>Resposta</th> <th>Percent</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> | | Resposta | Percent | A | 18,11% | B | 3,94% | C | 36,22% | D | 40,16% | NaoSei | 1,57% |
| Resposta | Percent | | | | | | | | | | | | |
| A | 18,11% | | | | | | | | | | | | |
| B | 3,94% | | | | | | | | | | | | |
| C | 36,22% | | | | | | | | | | | | |
| D | 40,16% | | | | | | | | | | | | |
| NaoSei | 1,57% | | | | | | | | | | | | |

| Teste 2 - Item #4 (T2Q4) | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------------|---|--------|---|-------|---|-------|---|--------|
| Conceitos abordados | Vetores, princípio da independência dos movimentos, movimento no vácuo. | | | | | | | | | | |
| Comentários | 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. | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | |
| Resposta | <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> | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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% | | | | | | | | | | |

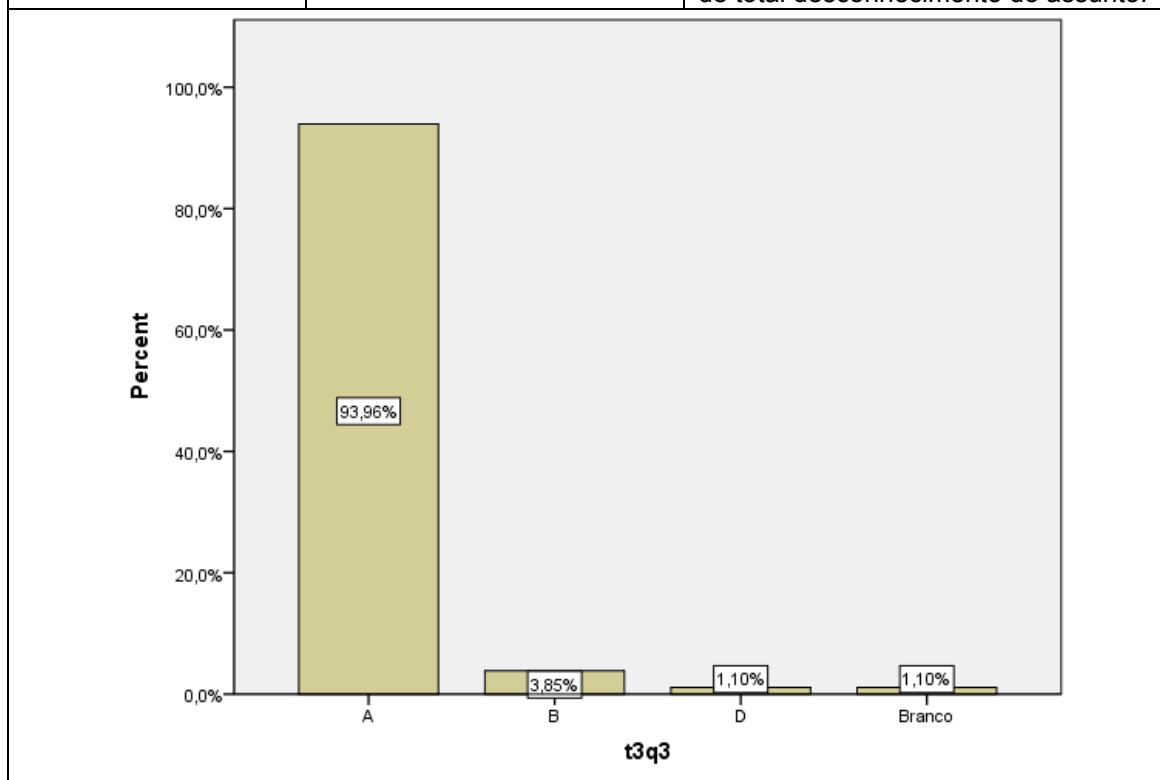
| Teste 3 - Item #1 (T3Q1) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, 3ª lei de Newton. |
| Comentários | Um dos erros conceituais comuns decorrentes do uso comum da palavra força é o de que em uma colisão, o objeto que sofre maior variação de velocidade também sofre a ação 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. |
| Enunciado | 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? |
| Resposta | a) A intensidade da força sobre os dois é idêntica. Aplicação correta da 3ª lei. |
| Distratores | 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. |



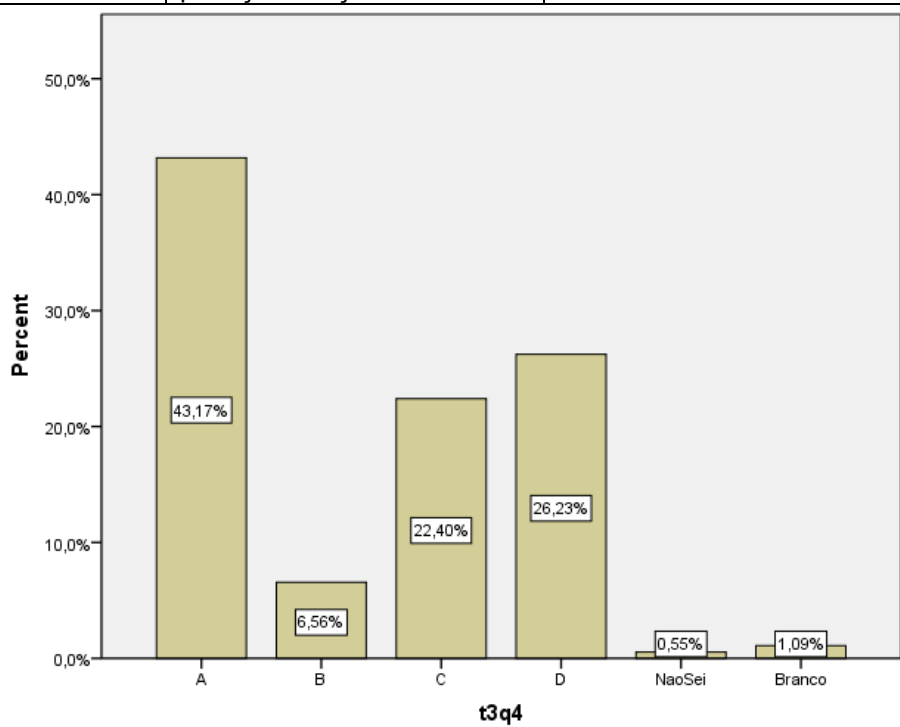
| Teste 3 - Item #2 (T3Q2) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, 3ª lei de Newton, vetores. |
| Comentários | Além de aplicar corretamente a 2ª Lei de Newton o aluno deve entender o conceito de soma vetorial, bem como a notação vetorial. |
| Enunciado | Um livro de peso \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: |
| Resposta | 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. |
| Distratores | 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. |




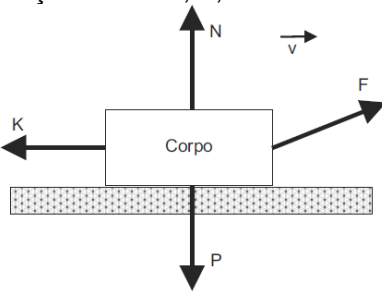
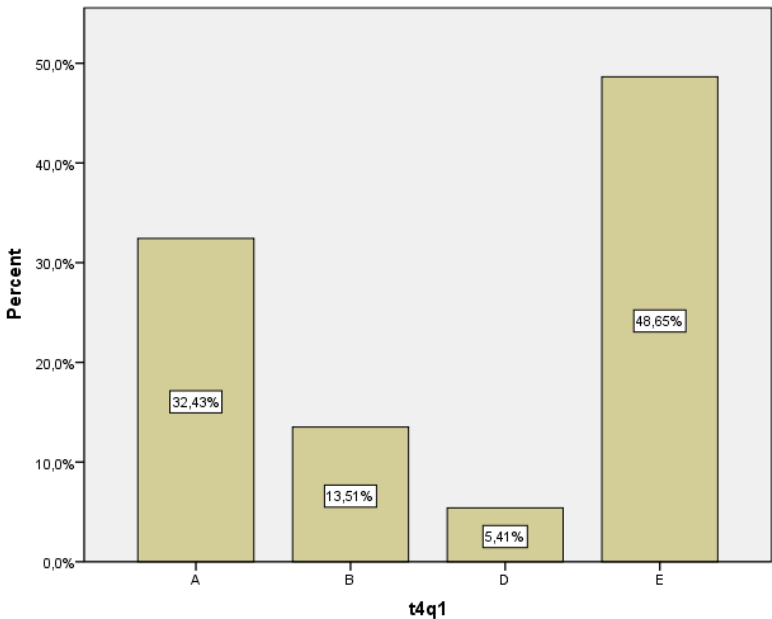
| Teste 3 - Item #3 (T3Q3) | |
|---------------------------------|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, 1ª e 2ª Leis de Newton. |
| Comentários | Item básico onde uma força resultante nula é associada a uma aceleração nula. Em geral o erro neste tipo de questão aumenta se o objeto estiver em MRU e não em repouso. |
| Enunciado | Um corpo de massa m encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. Neste caso a força resultante sobre o corpo é: |
| Resposta | a) Zero. Se a aceleração é zero a força resultante também o será. |
| Distratores | 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. |

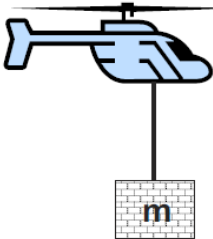


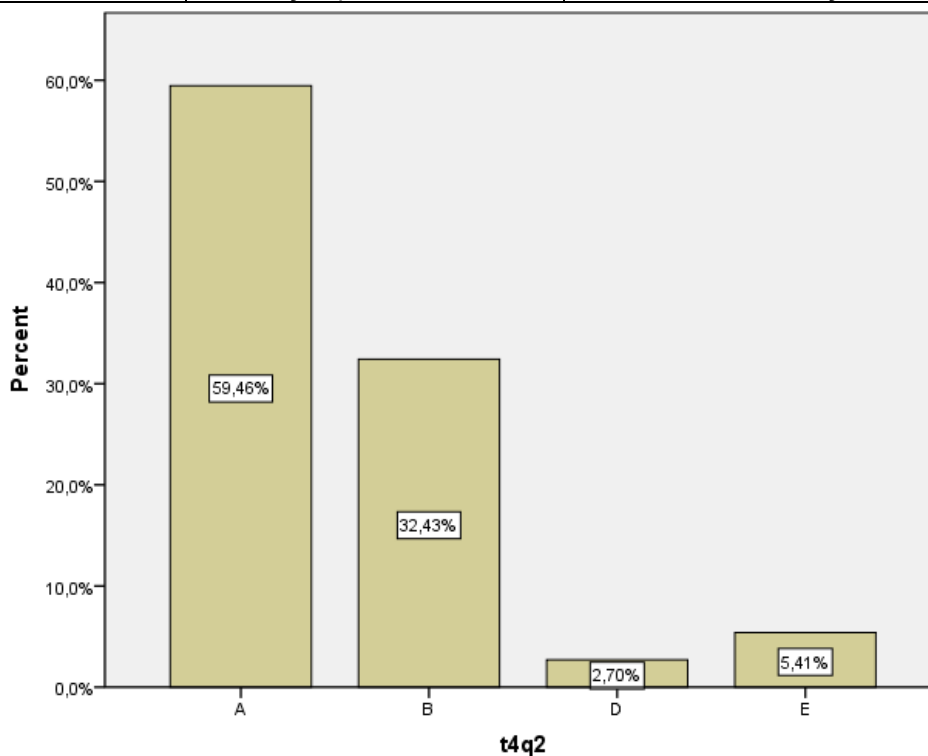
| Teste 3 - Item #4 (T3Q4) | |
|----------------------------|---|
| Conceitos abordados | Dinâmica, Leis de Newton. |
| Comentários | Item básico sobre conceitos envolvendo as 3 Leis de Newton. |
| Enunciado | Assinale a afirmação correta: |
| Resposta | <p>a) A segunda lei de Newton afirma que uma força resultante é capaz de modificar a velocidade de um corpo.</p> <p>Aplicação correta da 2ª Lei de Newton.</p> |
| Distratores | <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) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|-------------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|--------|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Dinâmica, 3ª lei de Newton. | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Item clássico envolvendo conceitos de ação e reação e força de tração. | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>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?</p>  | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) $T = t$</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> | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) $T = 2t$</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 F.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>c) $T = t/2$</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 F.</p> <p>Independente do valor de F, 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>Alternativa</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> | | Alternativa | Porcentagem | A | 69,95% | B | 20,77% | C | 3,83% | D | 2,73% | NaoSei | 1,09% | Branco | 1,64% |
| Alternativa | Porcentagem | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 69,95% | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 20,77% | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 3,83% | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 2,73% | | | | | | | | | | | | | | |
| NaoSei | 1,09% | | | | | | | | | | | | | | |
| Branco | 1,64% | | | | | | | | | | | | | | |

| Teste 4 - Item #1 (T4Q1) | |
|--|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, leis de Newton, vetores. |
| Comentários | Item que envolve o conceito de que sobre um corpo em MRU a força resultante é zero, além do conceito de resultante vetorial. |
| Enunciado | <p>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?</p>  |
| Resposta | <p>a) $F > K$ e $N < P$</p> <p>Para que a força resultante seja zero, K deve ser igual a projeção horizontal de F e portanto $F > K$, ao mesmo tempo em que a componente vertical de F somada a N é igual a P</p> |
| Distratores | <p>b) $F = K$ e $N = P$</p> <p>O aluno ignora o fato de que F não é paralelo a K</p> |
| | <p>c) $F = K$ e $N > P$</p> <p>Opção absurda só marcada em caso de total desatenção.</p> |
| | <p>d) $F < K$ e $N = P$</p> <p>O aluno confunde aceleração com velocidade. Como não há movimento na vertical N deve ser igual a P e como há movimento horizontal para a direita F deve ser maior do que K.</p> |
|  <p>A resposta C não foi marcada por nenhum estudante; a resposta E é "Não Sei".</p> | |

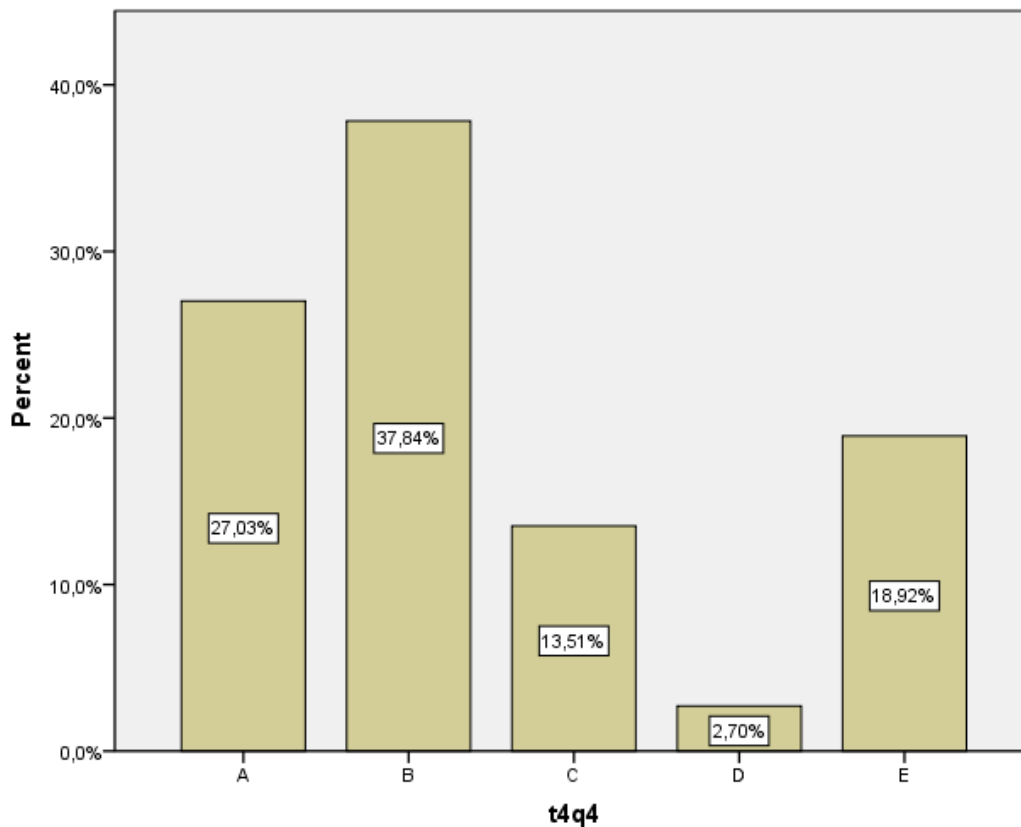
| Teste 4 - Item #2 (T4Q2) | | |
|----------------------------|---|---|
| Conceitos abordados | Dinâmica, leis de Newton, vetores. | |
| Comentários | Item envolvendo o conceito de força e aceleração vetoriais: a direção e o sentido da aceleração devem ser os mesmos da força resultante sobre o corpo. | |
| Enunciado | <p>Um helicóptero está transportando um corpo de massa m 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>  | |
| Resposta | a) O helicóptero possui aceleração para cima. | Identificação correta do fato que aceleração e força resultante possuem mesma direção e sentido. |
| Distratores | 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. |



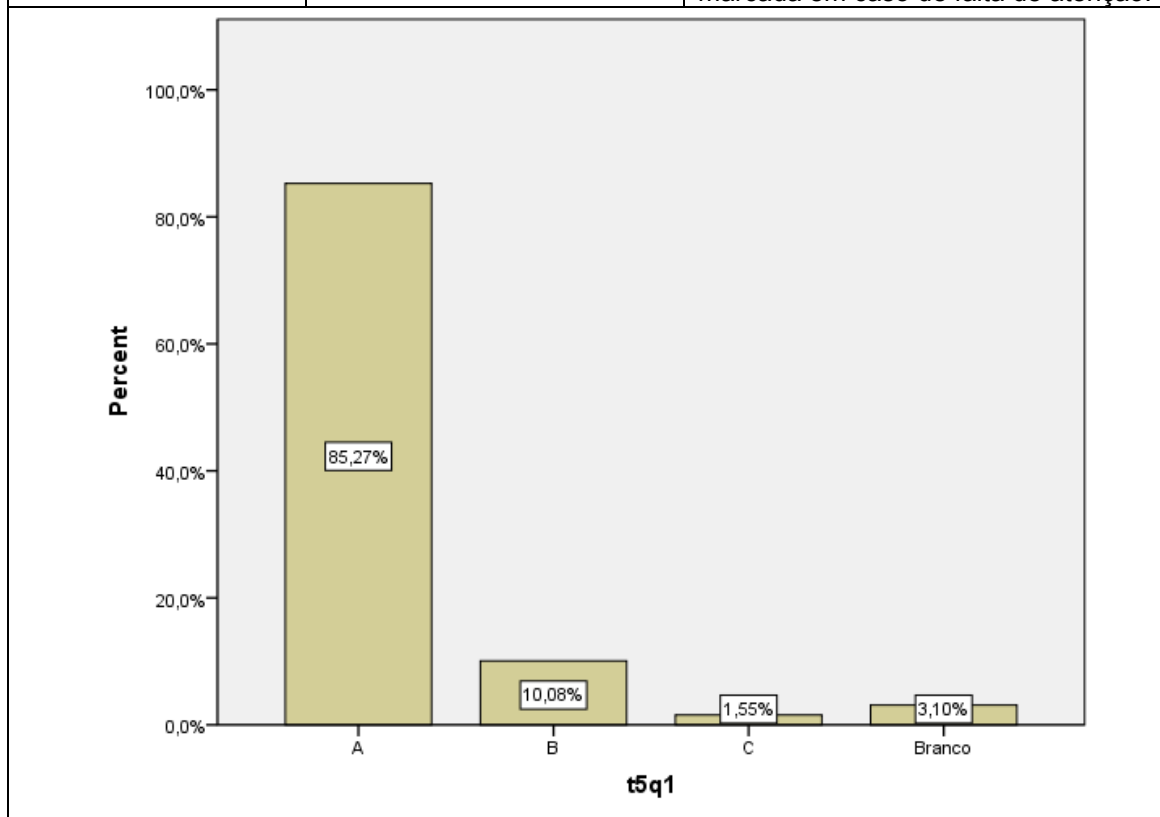
Nenhum estudante respondeu "C"; a letra E corresponde à resposta "Não sei".

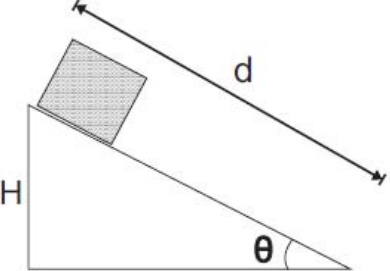
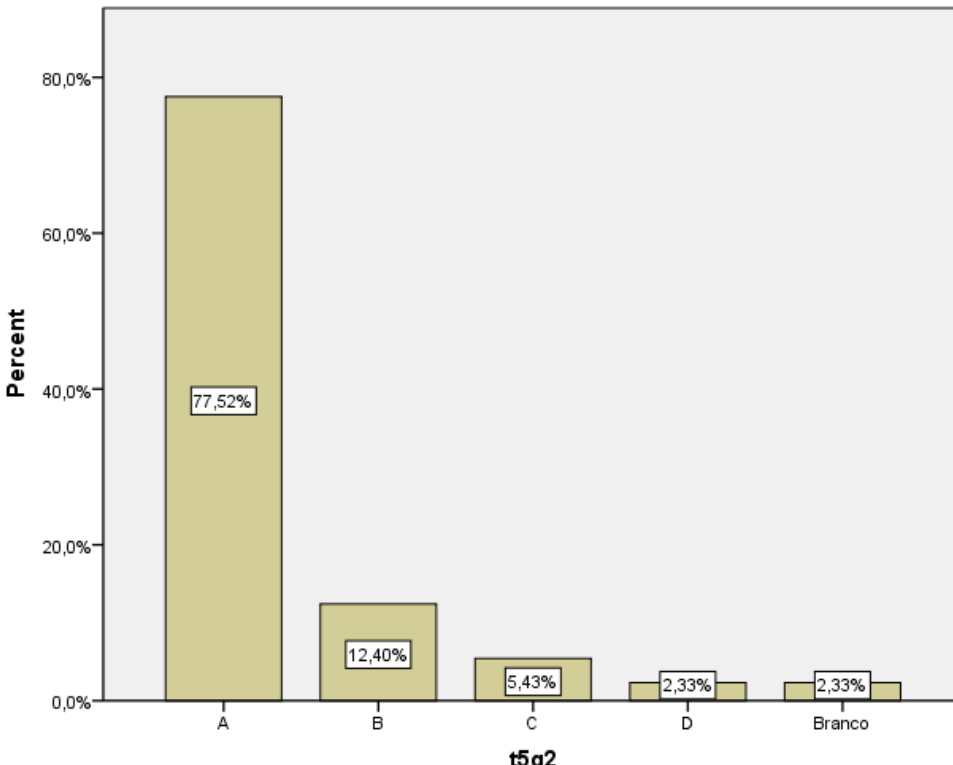
| Teste 4 - Item #3 (T4Q3) | | |
|--|--|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, leis de Newton, vetores. | |
| Comentários | Item envolvendo o conceito de força centrípeta como a resultante das forças em direção ao centro da trajetória. | |
| Enunciado | Uma pessoa de peso P encontra-se sentada no banco 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? | |
| Resposta | <p>a) $N > P$</p> <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.</p> | |
| Distratores | 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. |
| <p>Percent</p> <p>t4q3</p> <p>10,81%</p> <p>75,68%</p> <p>13,51%</p> <p>A B D</p> <p>0,0%</p> <p>20,0%</p> <p>40,0%</p> <p>60,0%</p> <p>80,0%</p> <p>Nenhum estudante respondeu "C" nem "E".</p> | | |

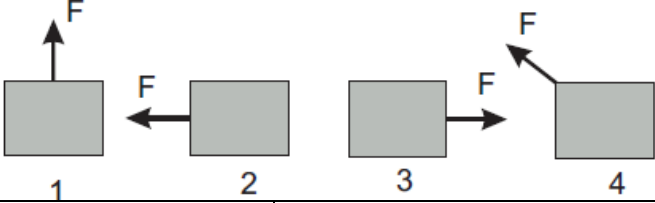
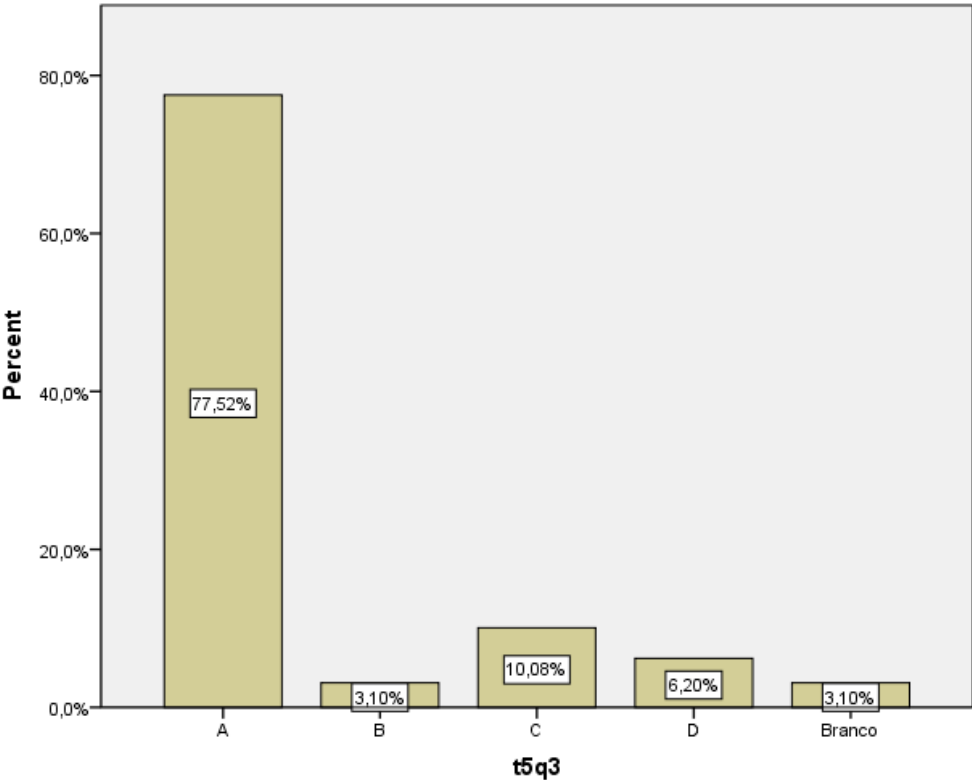
| Teste 4 - Item #4 (T4Q4) | | |
|---------------------------------|--|--|
| Conceitos abordados | Dinâmica, leis de Newton, vetores. | |
| Comentários | Item envolvendo o conceito por trás da 2ª lei de Newton e o conceito da força de atrito como uma força de reação. | |
| Enunciado | Um corpo de massa 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? | |
| Resposta | <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> | |
| Distratores | 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. |

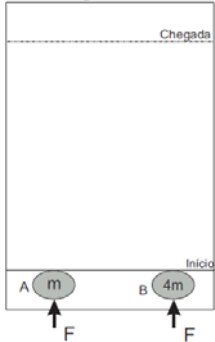
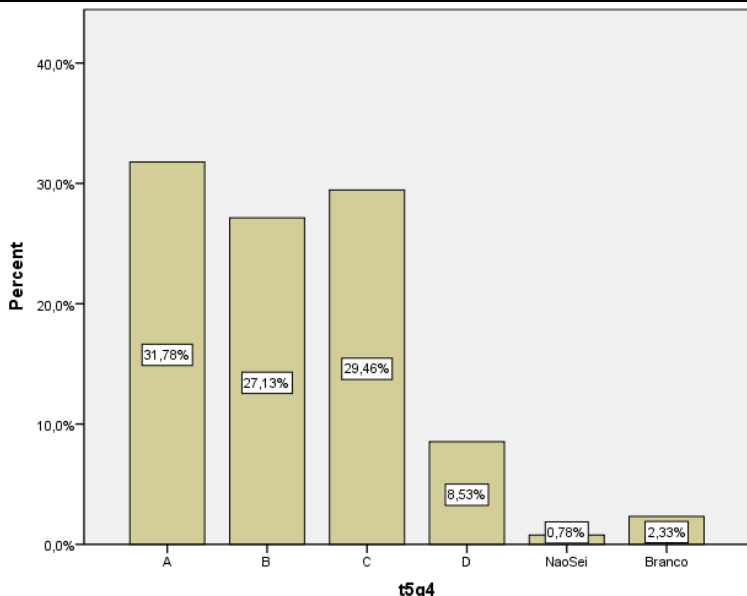


| Teste 5 - Item #1 (T5Q1) | |
|----------------------------|---|
| Conceitos abordados | Definição de energia cinética. |
| Comentários | Aplicação direta do conceito de que a energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade. |
| Enunciado | Um carro de massa M , deslocando-se com velocidade 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: |
| Resposta | a) $4K$ Se a velocidade dobra a energia cinética quadruplica, pois é proporcional ao quadrado da velocidade. |
| Distratores | 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. |

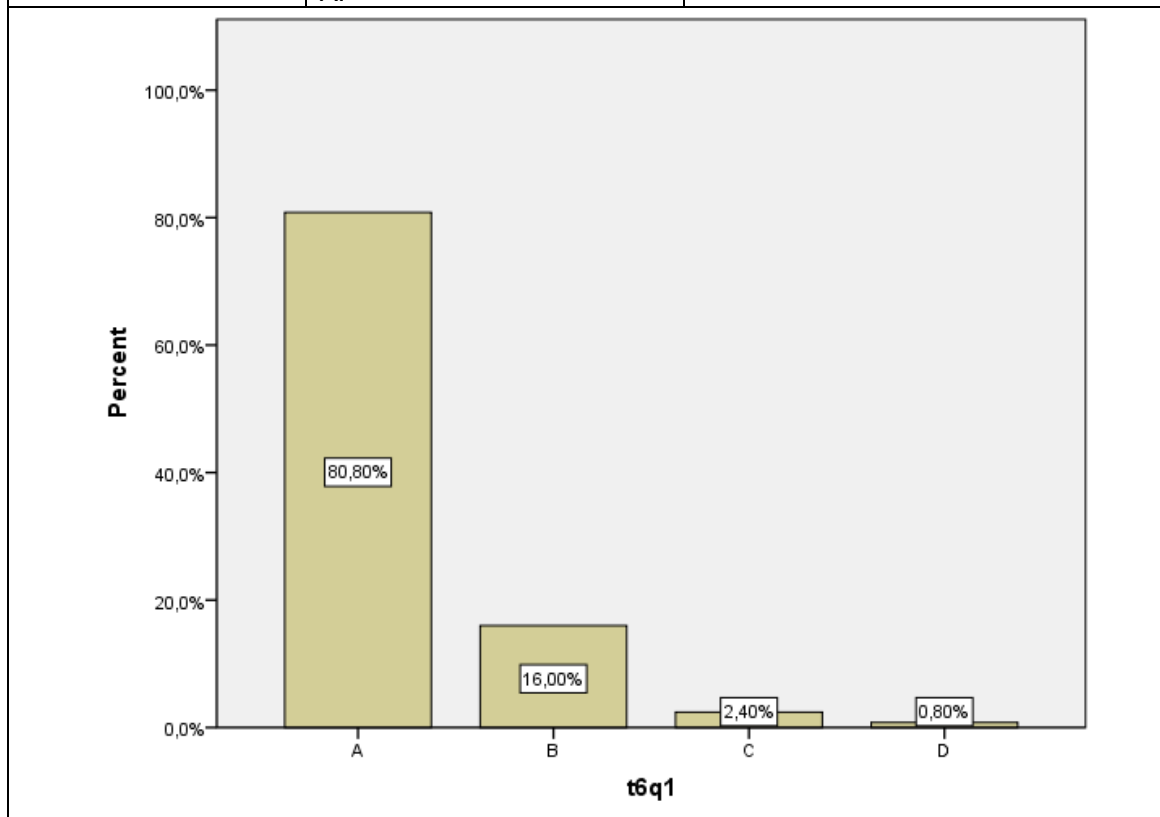


| Teste 5 - Item #2 (T5Q2) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|-------------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Trabalho de uma força. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Forças perpendiculares ao deslocamento não realizam trabalho. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>Um objeto desce um plano inclinado de um ângulo θ. O trabalho da força normal de contato com a superfície quando ele percorre uma distância d de plano abaixo, vale:</p>  | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) Zero</p> <p>Como a normal é perpendicular ao deslocamento seu trabalho é zero.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) $mg \sin \theta$</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) $-mg \sin \theta$</p> <p>O trabalho é negativo quando o ângulo entre a força e o deslocamento é maior que 90° e menor que 270°.</p> | | | | | | | | | | | | |
| | <p>d) mgd</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% | | | | | | | | | | | | |

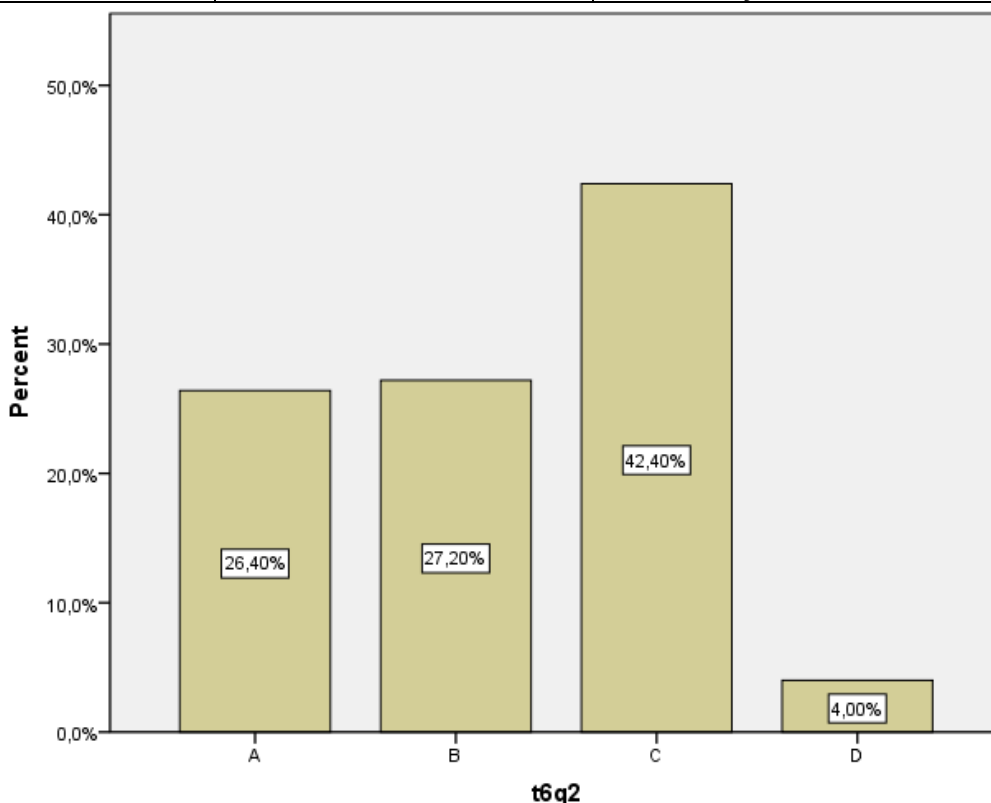
| Teste 5 - Item #3 (T5Q3) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---------|---|--------|---|-------|---|--------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Trabalho de uma força | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | O trabalho é o produto escalar da força pelo deslocamento; desse modo, quanto menor o ângulo entre eles, maior o valor do trabalho. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) 3</p> <p>O ângulo entre a força e o deslocamento é zero, o que nos dá o valor máximo para o trabalho.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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>Data for Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percent</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> | | Category | Percent | A | 77,52% | B | 3,10% | C | 10,08% | D | 6,20% | Branco | 3,10% |
| Category | Percent | | | | | | | | | | | | |
| A | 77,52% | | | | | | | | | | | | |
| B | 3,10% | | | | | | | | | | | | |
| C | 10,08% | | | | | | | | | | | | |
| D | 6,20% | | | | | | | | | | | | |
| Branco | 3,10% | | | | | | | | | | | | |

| Teste 5 - Item #4 (T5Q4) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|-------|--------|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Trabalho e energia cinética | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Item de alto grau de dificuldade pois o conceito do teorema da energia cinética em geral não é bem compreendido pelos alunos. | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <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> | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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>Alternativa</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> | | Alternativa | Percent | A | 31,78% | B | 27,13% | C | 29,46% | D | 8,53% | NaoSei | 0,78% | Branco | 2,33% |
| Alternativa | Percent | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 31,78% | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 27,13% | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 29,46% | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 8,53% | | | | | | | | | | | | | | |
| NaoSei | 0,78% | | | | | | | | | | | | | | |
| Branco | 2,33% | | | | | | | | | | | | | | |

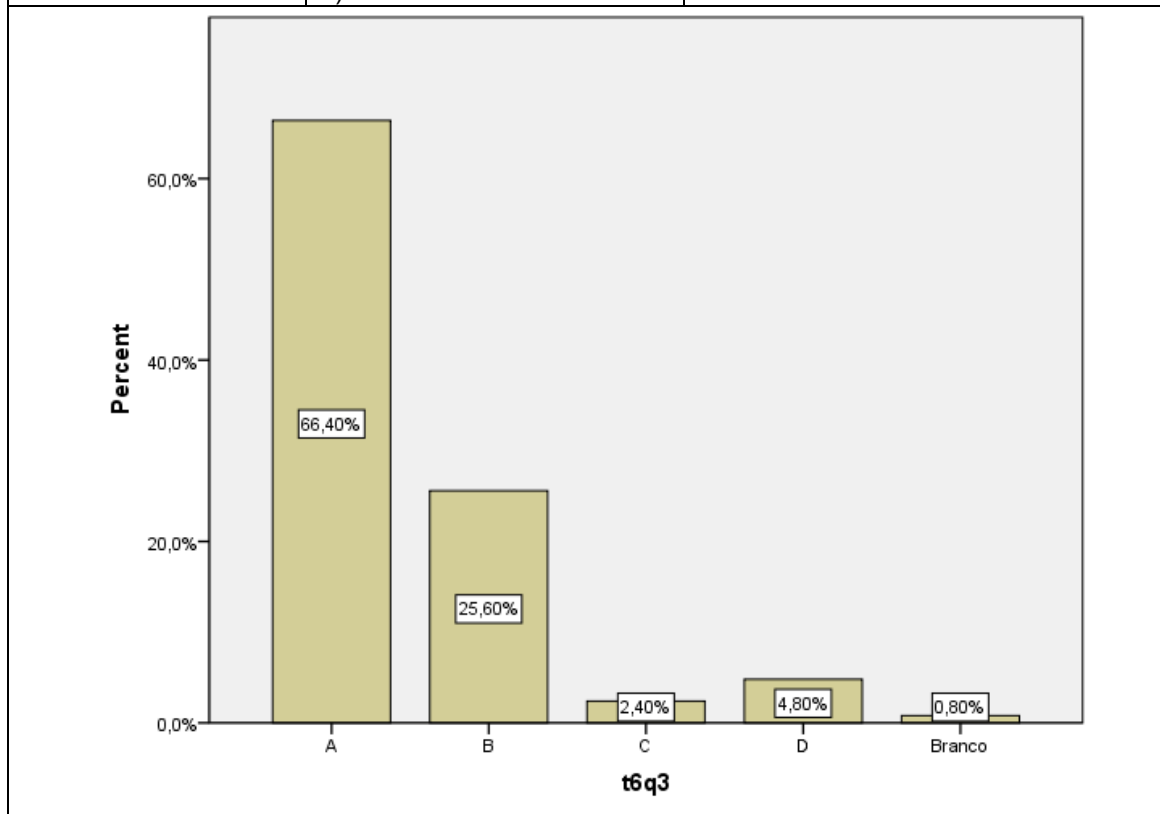
| Teste 6 - Item #1 (T6Q1) | |
|----------------------------|---|
| Conceitos abordados | Conservação da energia. |
| Comentários | Item clássico baseado em que a energia potencial é proporcional à massa e na conservação da energia. |
| Enunciado | Dois objetos A e B, sendo a massa de B duas vezes maior que a massa de A, são abandonados de uma mesma altura. Imediatamente antes de tocar o solo o objeto B possui: |
| Resposta | <p>a) Duas vezes mais energia cinética que o objeto A.</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> |
| Distratores | <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> |



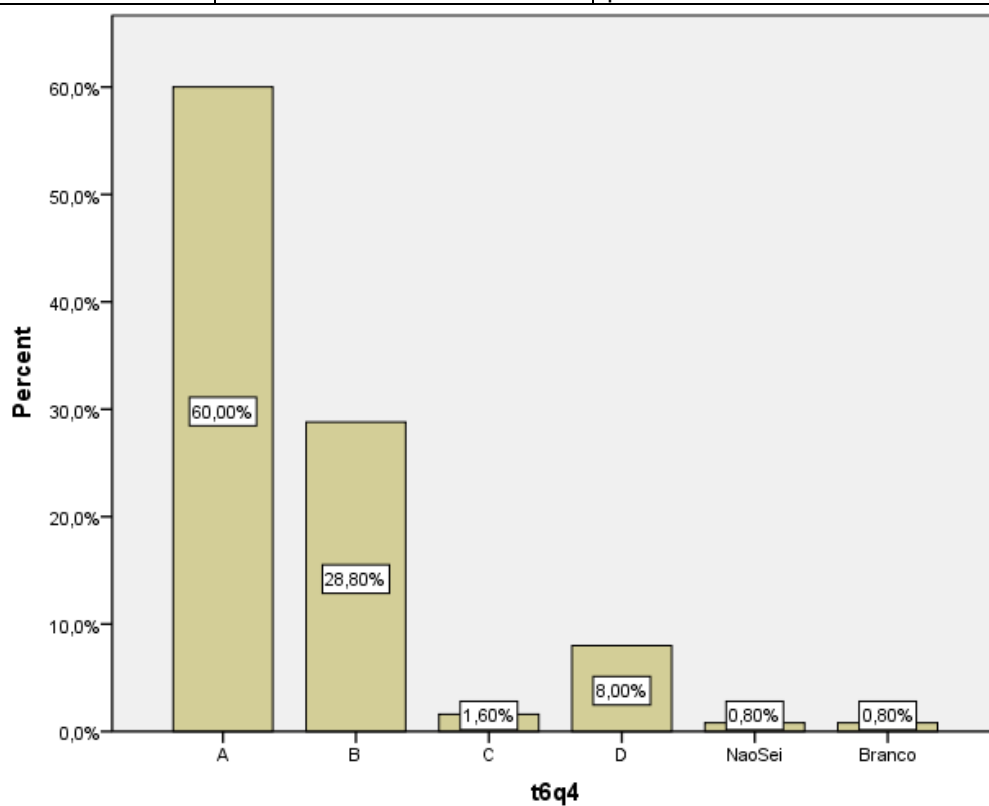
| Teste 6 - Item #2 (T6Q2) | | |
|---------------------------------|---|---|
| Conceitos abordados | Sistemas não conservativos. | |
| Comentários | Como na maioria dos problemas os sistemas são conservativos os alunos têm dificuldades em sistemas não conservativos. | |
| Enunciado | Desprezando-se a 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: | |
| Resposta | <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> | |
| Distratores | 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. |



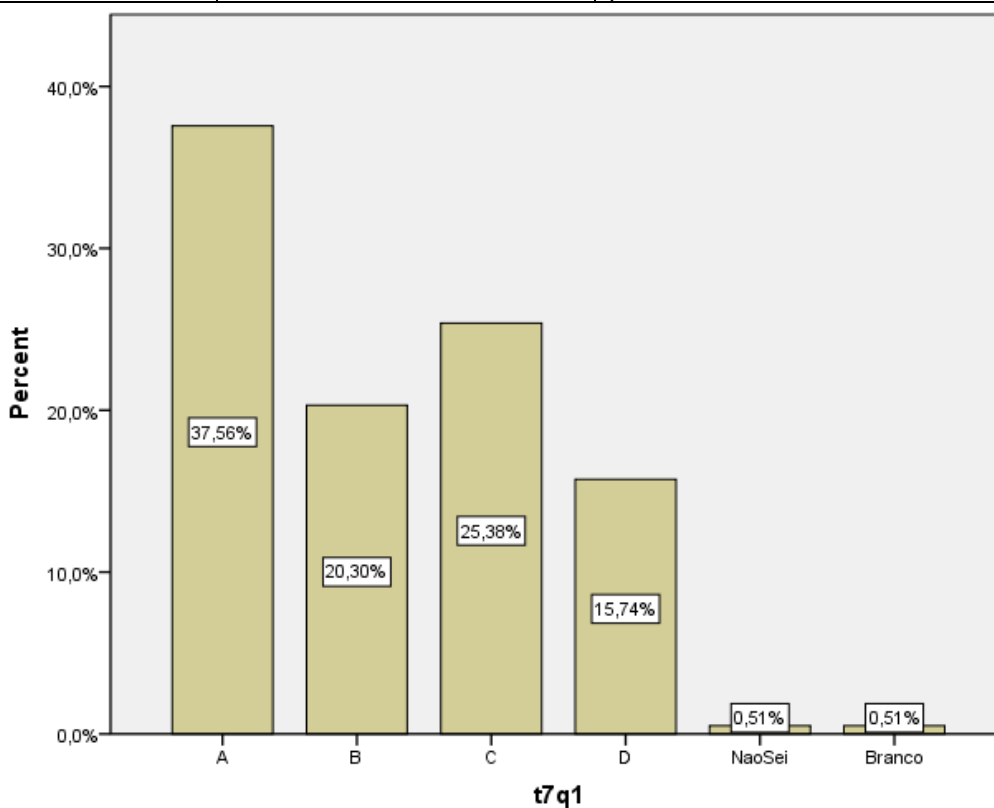
| Teste 6 - Item #3 (T6Q3) | |
|---------------------------------|--|
| Conceitos abordados | Conservação da energia. Energia potencial elástica. |
| Comentários | Item clássico que avalia o conceito de que a energia armazenada por uma mola ideal é proporcional ao quadrado da compressão sofrida pela mola. |
| Enunciado | 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: |
| Resposta | a) 6m. Metade da compressão significa um quarto da energia e consequentemente um quarto da altura. |
| Distratores | 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. |



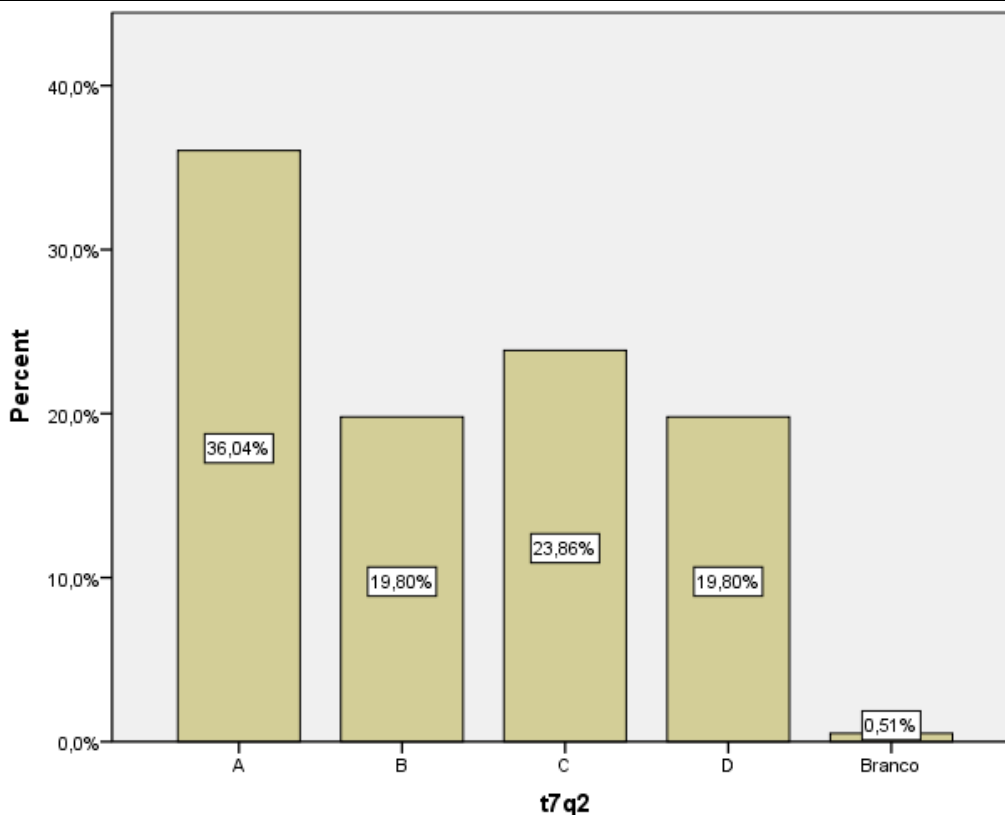
| Teste 6 - Item #4 (T6Q4) | |
|---------------------------------|--|
| Conceitos abordados | Trabalho e variação da energia cinética. Força de atrito. |
| Comentários | Item que envolve o conceito do teorema da energia cinética e o de força de atrito. |
| Enunciado | Um corpo move-se sobre um trilho 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? |
| Resposta | 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, conseqüentemente a distância percorrida também será quatro vezes maior. |
| Distratores | 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. |



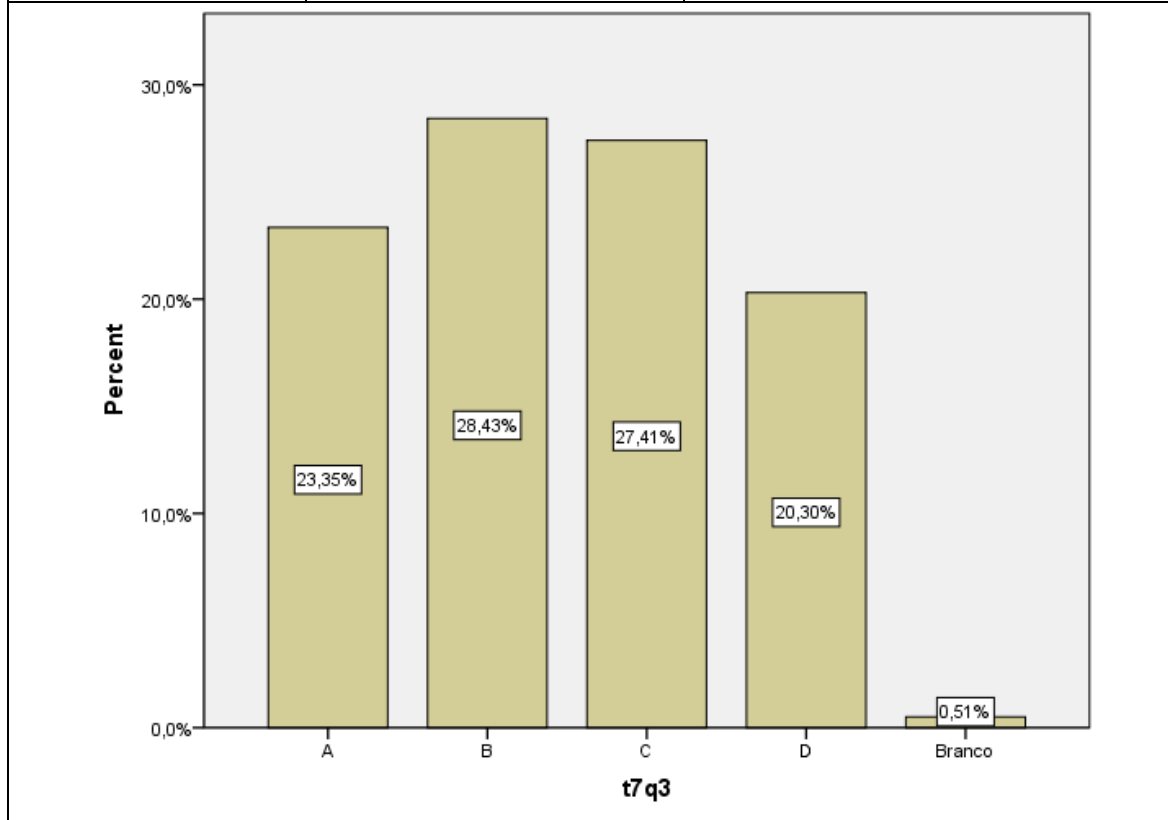
| Teste 7 - Item #1 (T7Q1) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Conservação do momento linear. Teorema do impulso. |
| Comentários | Assim como o teorema da energia cinética, o teorema do impulso é pouco compreendido do ponto de vista conceitual pelos alunos que em geral não apresentam dificuldades em problemas tradicionais de livros-texto envolvendo estes teoremas, mas em questões conceituais as dificuldades ficam evidentes. |
| Enunciado | 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? |
| Resposta | <p>a) Ambas levam o mesmo tempo para parar.</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> |
| Distratores | <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> |



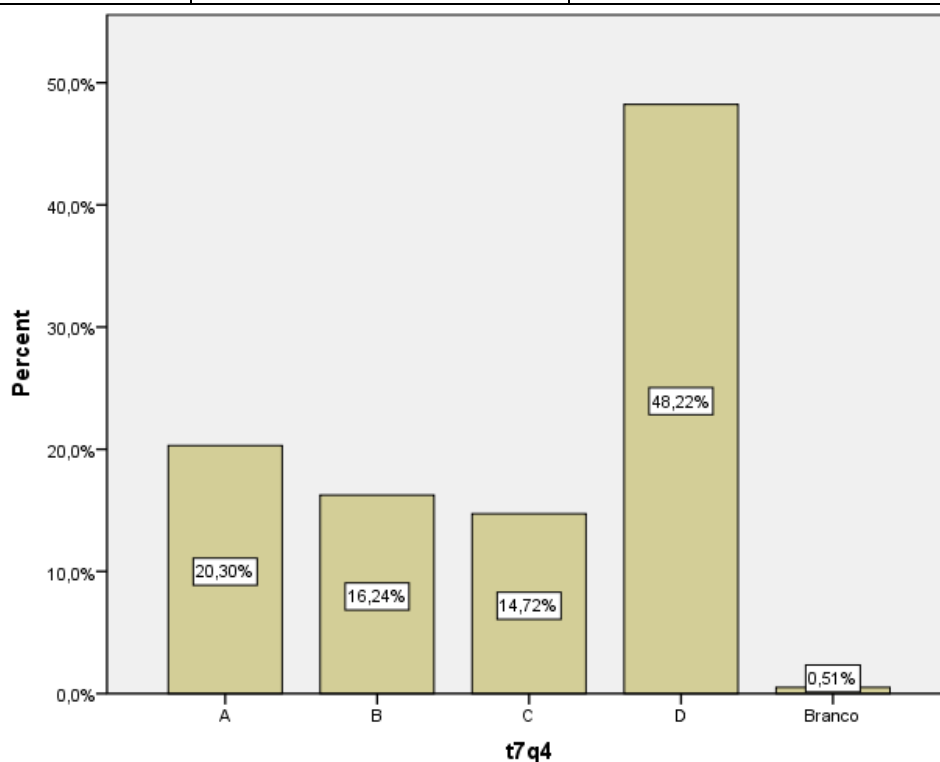
| Teste 7 - Item #2 (T7Q2) | | |
|----------------------------|---|---|
| Conceitos abordados | Conservação do momento linear | |
| Comentários | Item clássico sobre conservação do momento linear. | |
| Enunciado | Dois carrinhos de brinquedo estão em repouso amarrados por um barbante. Entre os carrinhos 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. | |
| Resposta | <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> | |
| Distratores | 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. |



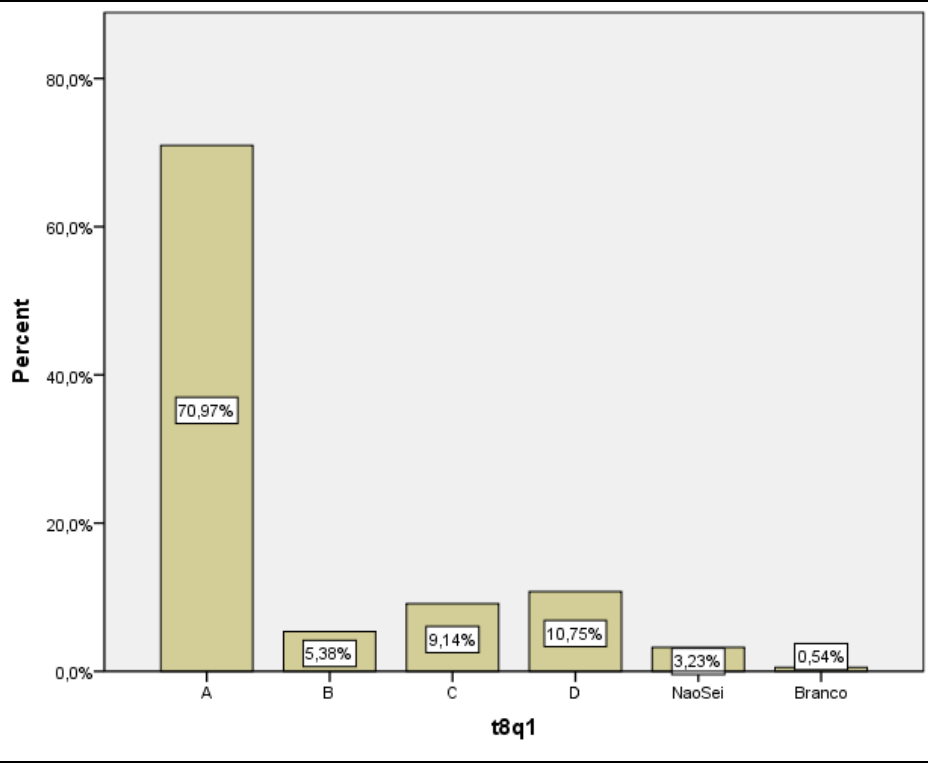
| Teste 7 - Item #3 (T7Q3) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Vetor momento linear. Teorema da energia cinética. |
| Comentários | Item elaborado pensando em verificar o entendimento do caráter vetorial do momento linear. |
| Enunciado | Um objeto está preso por um fio a um ponto fixo sobre uma mesa horizontal lisa, e gira em movimento circular uniforme em torno deste ponto. Assinale a afirmativa correta. |
| Resposta | <p>a) A energia cinética não muda porque não há trabalho de forças externas.</p> <p>O movimento será circular uniforme, portanto a energia cinética é constante.</p> |
| Distratores | <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> |

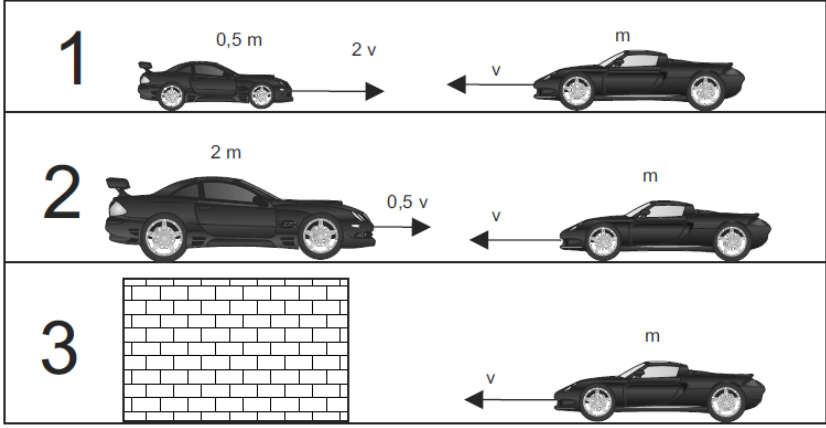
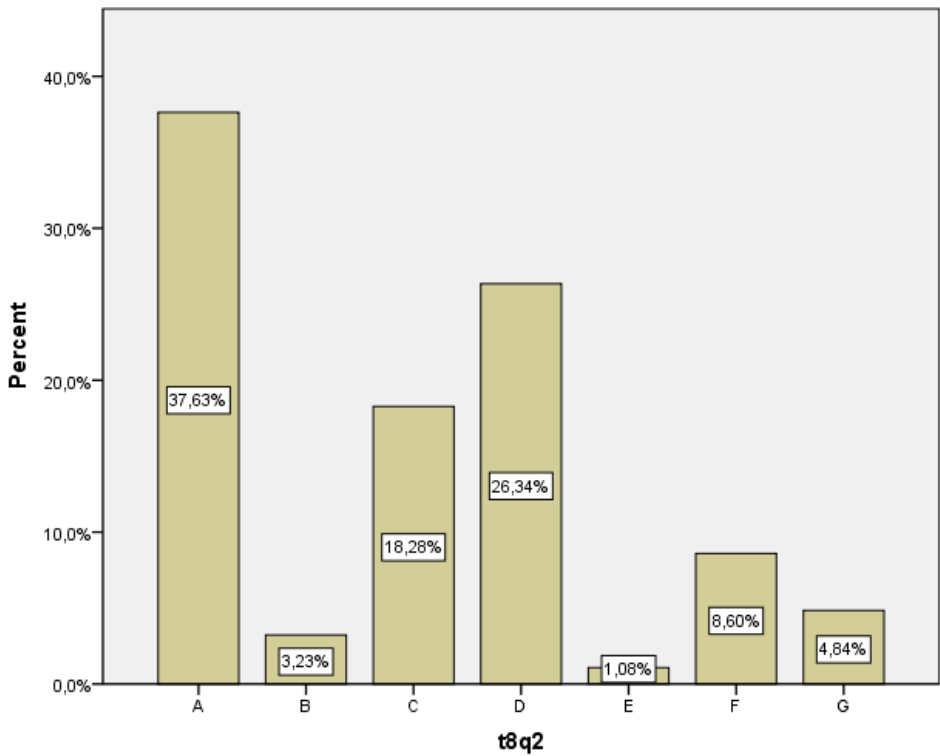


| Teste 7 - Item #4 (T7Q4) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Momento linear |
| Comentários | Verificação simples do conceito de momento linear como o produto da massa pela velocidade. |
| Enunciado | Um objeto de massa m move-se com velocidade v e possui momento linear p . Assinale a afirmativa correta: |
| Resposta | d) Se a massa do objeto dobrar, seu momento linear é dividido por dois. Para que o momento linear permaneça constante, se a massa dobra a velocidade é dividida por dois. |
| Distratores | 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. |

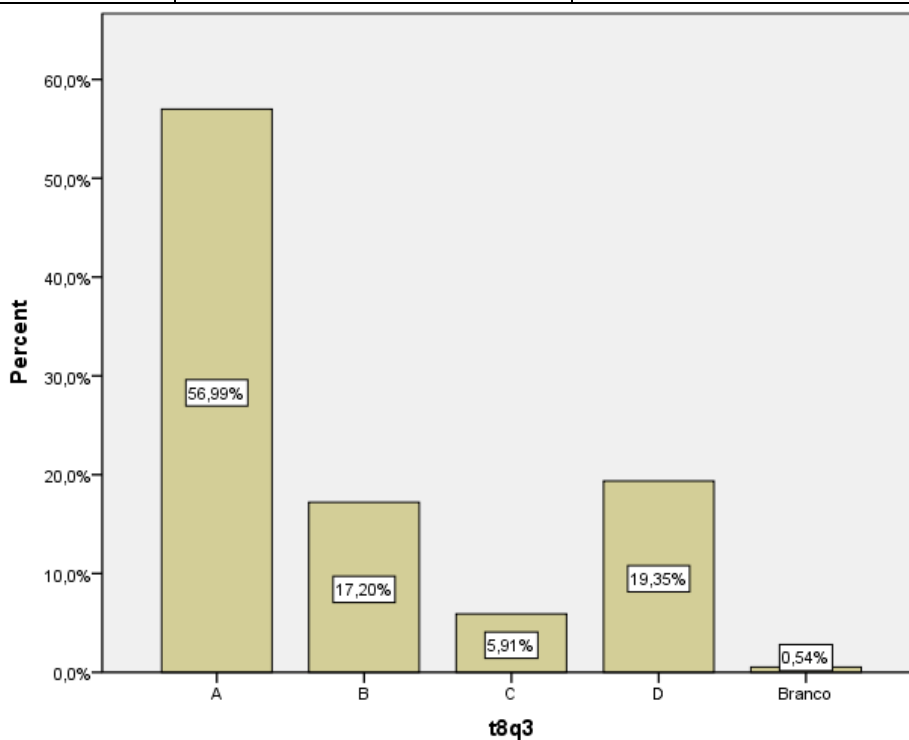


| Teste 8 - Item #1 (T8Q1) | |
|----------------------------|---|
| Conceitos abordados | Colisões entre partículas. Vetor momento linear. Sistemas isolados. |
| Comentários | Em um sistema isolado o momento linear total do sistema deve permanecer constante. |
| Enunciado | <p>Considere um sistema de 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> |
| Resposta | <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> |
| Distratores | <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> |

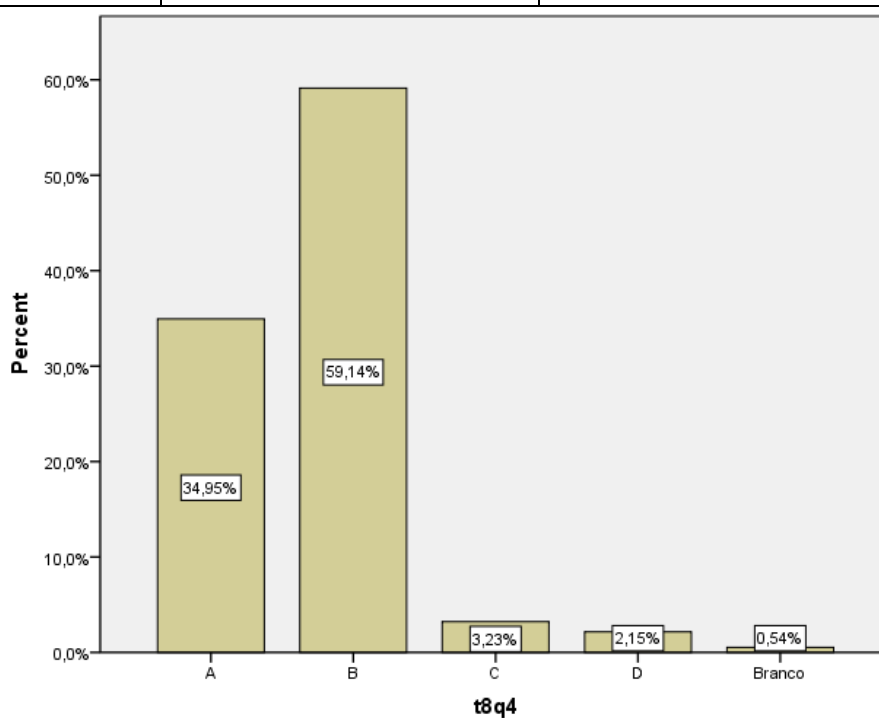


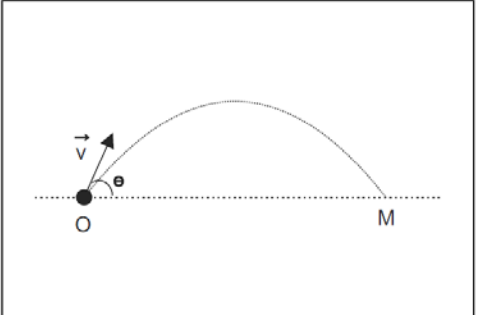
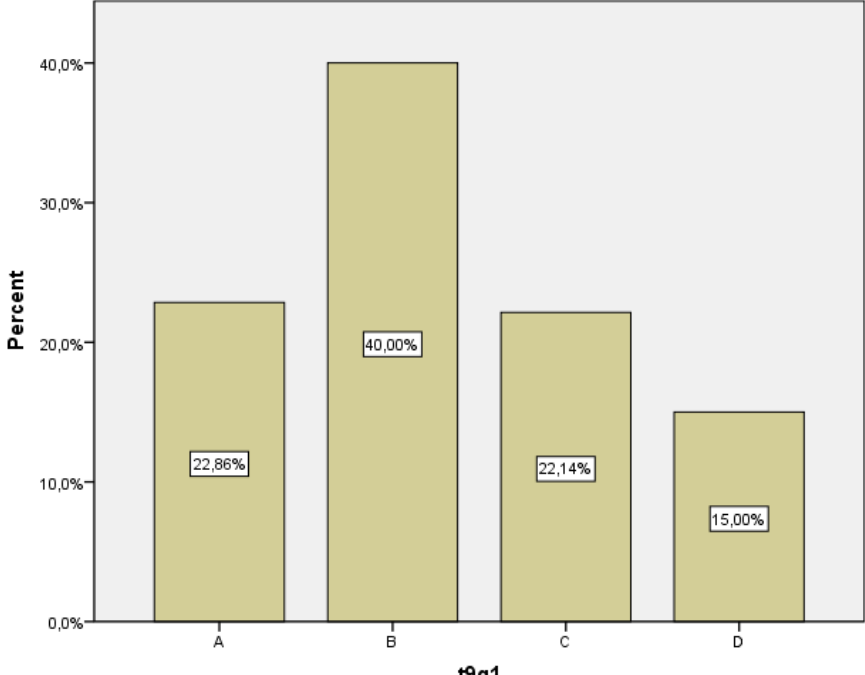
| Teste 8 - Item #2 (T8Q2) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-------------|---|--------|---|-------|---|--------|---|--------|---|-------|---|-------|---|-------|
| Conceitos abordados | Colisões entre partículas. Sistemas isolados | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Em um sistema isolado o momento linear total do sistema deve permanecer constante. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>Todas as colisões mostradas a seguir são perfeitamente inelásticas. Em qual/quais delas o carro da direita para completamente?</p>  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <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> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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>Dados do Gráfico de Barras</caption> <thead> <tr> <th>Resposta</th> <th>Porcentagem</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> | | Resposta | Porcentagem | A | 37,63% | B | 3,23% | C | 18,28% | D | 26,34% | E | 1,08% | F | 8,60% | G | 4,84% |
| Resposta | Porcentagem | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Sistemas isolados. Conservação do momento linear. |
| Comentários | Este item não está bem redigido. Falta mencionar que há uma colisão com o solo. |
| Enunciado | 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. |
| Resposta | <p>a) se o corpo atinge uma altura menor que h 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.</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> |
| Distratores | <p>b) o corpo sempre atingirá uma altura menor que h, 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 h.</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> |



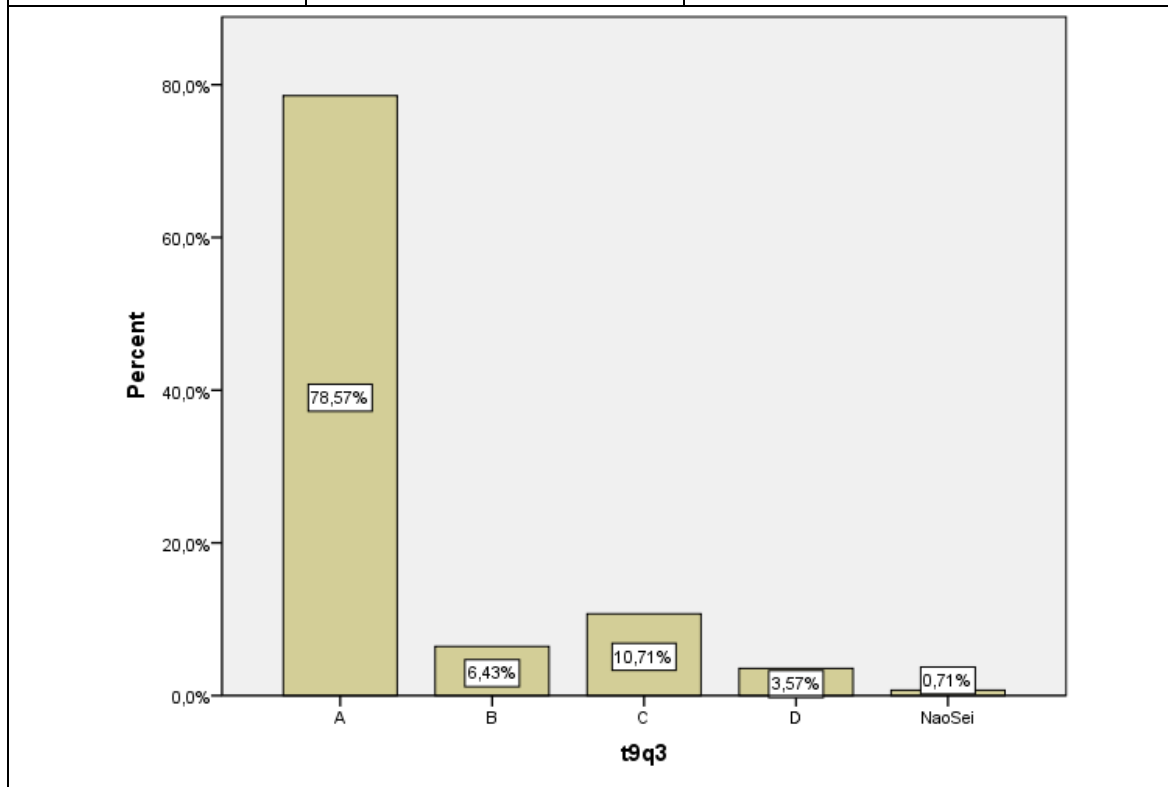
| Teste 8 - Item #4 (T8Q4) | |
|---------------------------------|---|
| Conceitos abordados | Vetor momento linear. Colisão perfeitamente elástica. |
| Comentários | Em geral os alunos ignoram o caráter vetorial do momento linear o que leva a conclusões inconsistentes com o teorema do impulso e a 3ª lei de Newton, como podemos observar nas respostas a este item. |
| Enunciado | 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: |
| Resposta | <p>a) A energia mecânica do corpo se conserva e a variação da quantidade de movimento do corpo não é nula.</p> <p>Energia é escalar, momento linear é vetorial. Se o momento antes da colisão é $-mv$ o momento após a colisão será $+mv$ e a variação $2mv$.</p> |
| Distratores | <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> |



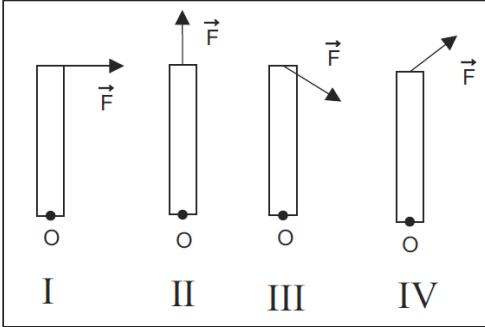
| Teste 9 - Item #1 (T9Q1) | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| Conceitos abordados | Torque e momento angular. | | | | | | | | | | |
| Comentários | Item baseado nos aspectos vetoriais dos conceitos de torque e momento angular. Não está explícito no texto se as perguntas se referem a todo o trajeto ou a um ponto específico. | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>c) o torque da força peso é diferente de zero e o momento angular não é constante.</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> | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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 Percentual das Respostas para o Item t9q1</caption> <thead> <tr> <th>Opção</th> <th>Percent</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 | Percent | A | 22,86% | B | 40,00% | C | 22,14% | D | 15,00% |
| Opção | Percent | | | | | | | | | | |
| A | 22,86% | | | | | | | | | | |
| B | 40,00% | | | | | | | | | | |
| C | 22,14% | | | | | | | | | | |
| D | 15,00% | | | | | | | | | | |

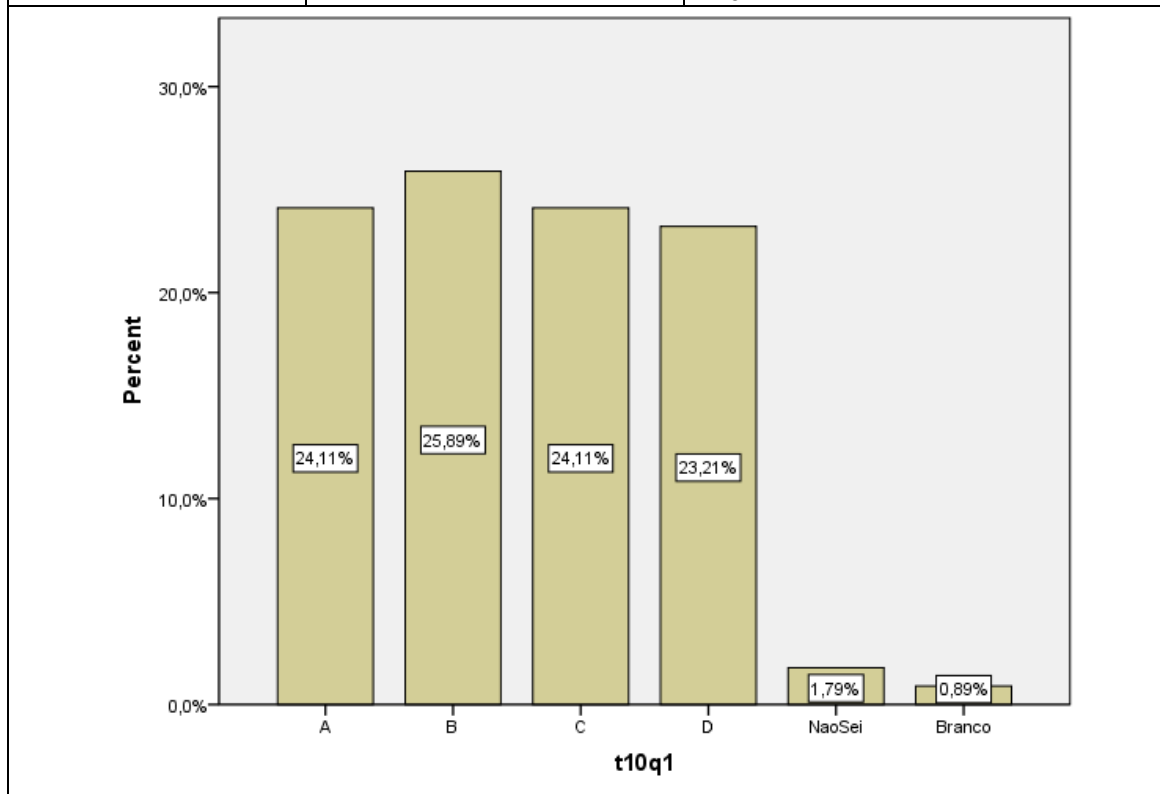
| Teste 9 - Item #2 (T9Q2) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Vetor momento angular. Produto vetorial. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Aplicação da regra da mão direita para produto vetorial e do conceito de torque. Não está expresso que a constante não é nula. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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 τ e o momento angular da Terra em relação ao centro do Sol é L , podemos afirmar que: | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | a) $\vec{L} = (constante)\hat{z}$ 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. | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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 the bar chart</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) | |
|---------------------------------|---|
| Conceitos abordados | Momento de Inércia. Conservação do momento angular. |
| Comentários | O momento angular é proporcional ao momento de inércia do corpo. |
| Enunciado | Durante um salto, um ginasta controla sua velocidade angular alterando a forma de seu corpo. Assinale a alternativa correta: |
| Resposta | <p>a) Ao se encolher, o ginasta aumenta sua velocidade angular, pois seu momento de inércia diminui.</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> |
| Distratores | <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> |

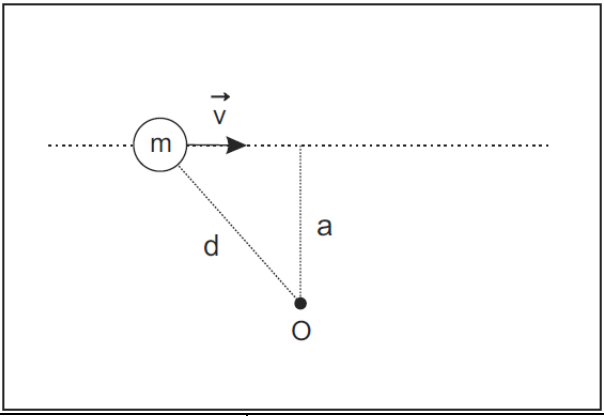
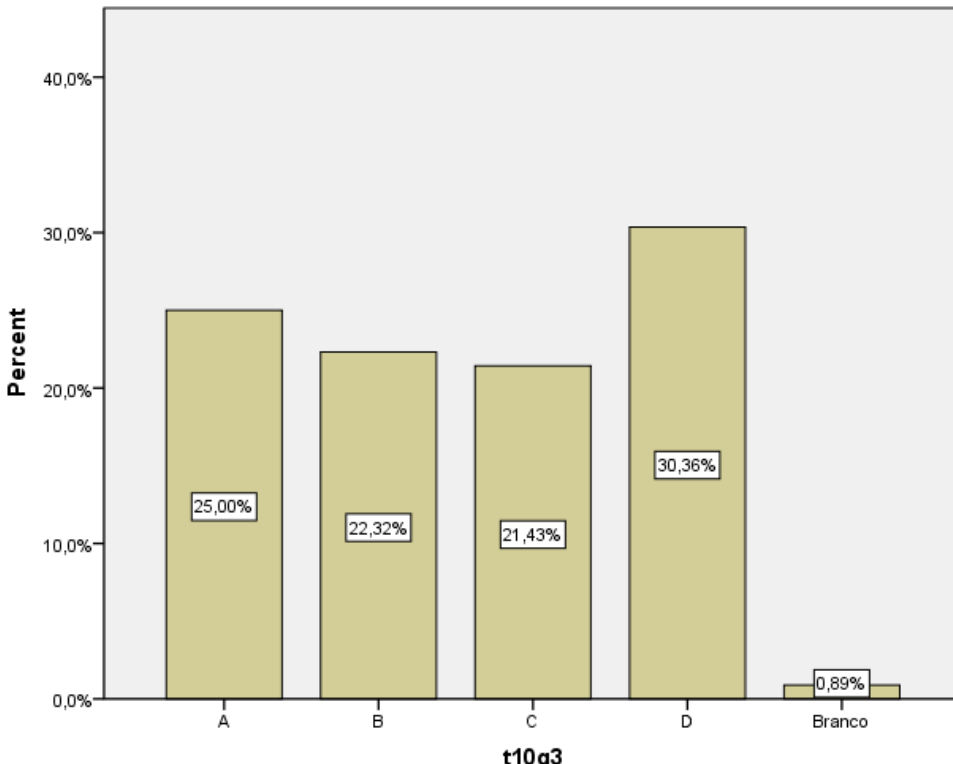


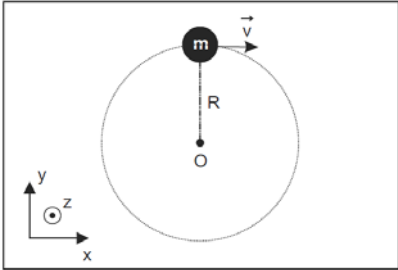
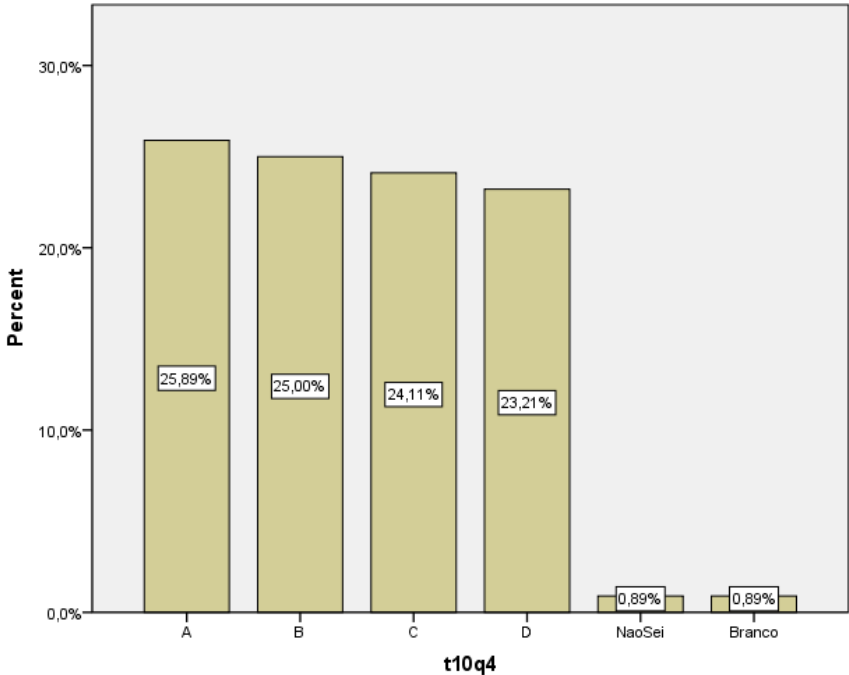
| Teste 9 - Item #4 (T9Q4) | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|-------------|---|--------|---|-------|---|-------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Conservação do momento linear. Conservação do momento angular. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Uma questão importante 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. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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> | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) I, II. Se a colisão for frontal, podemos ter a configuração II após a colisão. Se não, podemos ter a I.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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% | | | | | | | | | | | | |

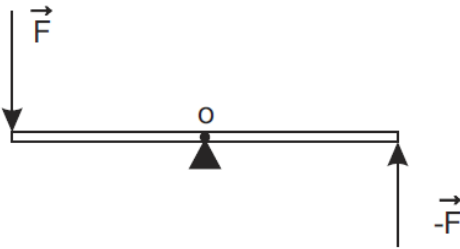
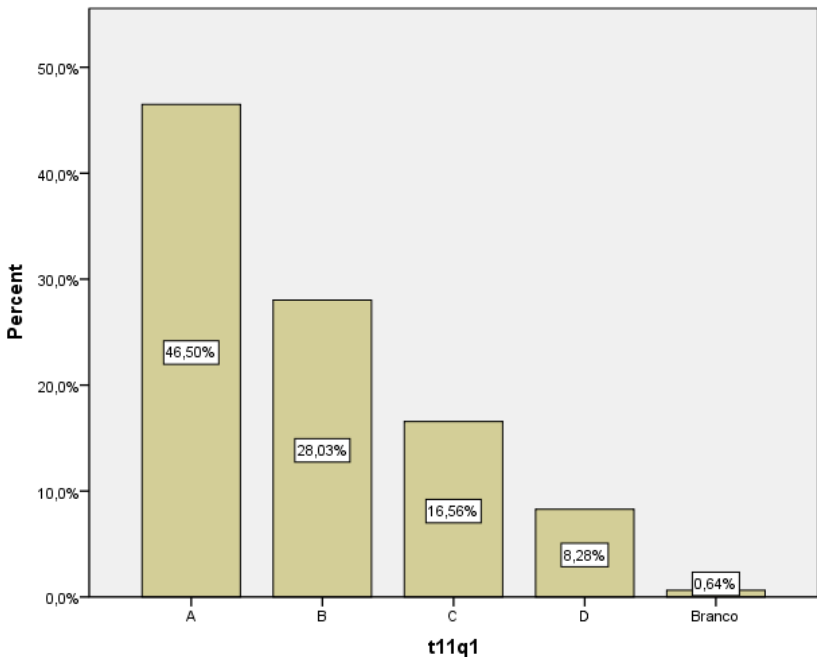
| Teste 10 - Item #1 (T10Q1) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Torque de uma força. |
| Comentários | Conceito básico de torque. Em todos os casos abaixo a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto de fixação é a mesma, desse modo o torque será maior no caso em que o ângulo entre a força e barra for de 90° . |
| Enunciado | <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>  |
| Resposta | a) I Ângulo de 90°, o que significa que o torque é máximo. |
| Distratores | b) II Torque zero. |
| | c) III Torque menor que o máximo, pois o ângulo é menor que 90°. |
| | d) IV Torque menor que o máximo, pois o ângulo é maior que 90° e menor que 270°. |

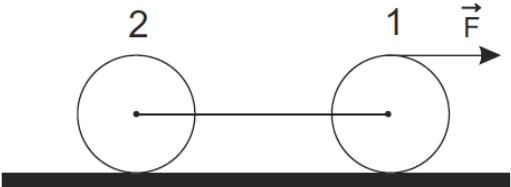
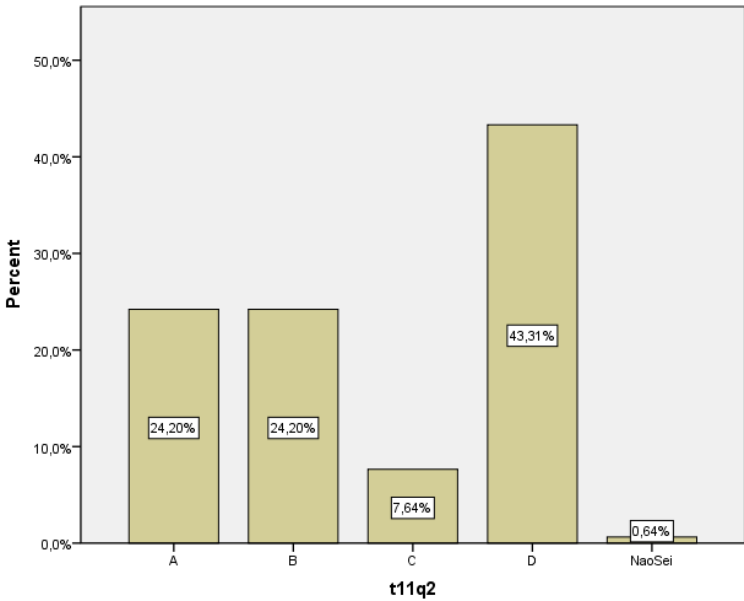


| Teste 10 - Item #2 (T10Q2) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|-------------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Torque de uma força. | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | O torque pode ser entendido conceitualmente como o produto vetorial da força pela menor distância entre o ponto de fixação e a linha de ação da força. | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>O torque produzido pela força F sobre a barra rígida de comprimento L (figura I) presa a um eixo perpendicular a barra vale τ (em relação ao ponto O). Nas figuras 2 e 3 a mesma força é aplicada a outros dois corpos também presos por um ponto O a um eixo fixo perpendicular aos corpos. Os módulos dos torques em relação ao ponto O para as situações descritas nas figuras II e III valem respectivamente:</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) 2τ e τ</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> | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) 2τ e 2τ</p> <p>Idem. Confusão com que distância utilizar no cálculo do torque.</p> <p>c) τ e τ</p> <p>Idem. Desconhecimento do conceito de torque.</p> <p>d) τ e 2τ</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) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Momento angular. | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Aplicação direta do conceito de momento angular como o produto vetorial entre os vetores posição e momento linear. | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>Na figura a seguir o corpo de massa m se move em linha reta com velocidade constante. Qual o módulo do momento angular do corpo em relação ao ponto O?</p>  | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | a) mva | O módulo torque será igual a $mvd\text{sen}\theta$, onde θ é o ângulo entre os vetores velocidade e posição. | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Torque e momento angular. | | | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Conceito de torque como variação do momento angular e de momento angular como o produto vetorial entre os vetores posição e momento linear. | | | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>Um corpo de massa m executa um movimento circular uniforme sobre uma superfície lisa, preso por um fio de massa desprezível a um ponto O. Considere os eixos x e y no plano da mesa e o eixo z apontando para o leitor. O que podemos afirmar sobre os vetores torque e momento angular do corpo?</p>  | | | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) $\vec{\tau}_0 = 0, \vec{L}_0 = mRv\hat{z}$</p> <p>Como o momento angular é o produto vetorial entre o momento e a posição ele é constante e seu módulo vale mRv na direção positiva do eixo z. 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> | | | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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: Percent Distribution of Responses</caption> <thead> <tr> <th>Response Option</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> | | Response Option | Percent | A | 25,89% | B | 25,00% | C | 24,11% | D | 23,21% | NaoSei | 0,89% | Branco | 0,89% |
| Response Option | Percent | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 25,89% | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 25,00% | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 24,11% | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 23,21% | | | | | | | | | | | | | | |
| NaoSei | 0,89% | | | | | | | | | | | | | | |
| Branco | 0,89% | | | | | | | | | | | | | | |

| Teste 11 - Item #1 (T11Q1) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|-------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Torque de várias forças. Aceleração angular. Rotação de um corpo rígido. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | O conceito envolvido é a relação entre torque e aceleração angular como grandezas diretamente proporcionais. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <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>  | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <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> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <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) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|---------|---|--------|---|--------|---|-------|---|--------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Torque. Rotação de um corpo rígido. Terceira lei de Newton. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | Item complexo envolvendo diferentes conceitos. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | <p>Na figura abaixo, temos dois cilindros 1 e 2 que se movem puxados por uma força F. Os dois cilindros são idênticos, e seus centros estão ligados por uma corda ideal. Os rolamentos são sem deslizamento. Podemos afirmar que:</p>  | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <p>a) a força de atrito sobre o cilindro 1 está no mesmo sentido da força F, 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 F. 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 F.</p> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | <p>b) as forças de atrito sobre os cilindros 1 e 2 estão no mesmo sentido da força F.</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 F, 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 F.</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) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|-------|
| Conceitos abordados | Rotação de um corpo rígido. Momento de inércia. | | | | | | | | | | | | |
| Comentários | 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. | | | | | | | | | | | | |
| Enunciado | 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? | | | | | | | | | | | | |
| Resposta | <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> | | | | | | | | | | | | |
| Distratores | 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</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) | |
|----------------------------|--|
| Conceitos abordados | Rotação de um corpo rígido. |
| Comentários | 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. |
| Enunciado | 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: |
| Resposta | a) Zero. A parte mais baixa tem como velocidade resultante $v+(-v)$ onde v é a velocidade do centro de massa. |
| Distratores | 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. |

