

# **ESTUDO COMPARATIVO SOBRE O CONCEITO DE FORÇA E VELOCIDADE ENTRE ALUNOS DOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UFSC NAS MODALIDADES PRESENCIAL E A DISTÂNCIA**

## **COMPARATIVE STUDY ABOUT THE CONCEPT OF FORCE AND VELOCITY BETWEEN PHYSICS STUDENTS OF UFSC IN PRESENTIAL AND DISTANCE COURSES**

**Paulo José Sena dos Santos<sup>1</sup>, Sônia Maria de Souza Cruz<sup>2</sup>,**

**Frederico Firmo de Souza Cruz<sup>3</sup>**

1 Universidade do Sul de Santa Catarina, paulo.santos@unisul.br

2 Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Física, sonia@fsc.ufsc.br

3 Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Física, fred@fsc.ufsc.br

### **Resumo**

O aumento na oferta e na procura de cursos de física na modalidade de ensino a distância aliado aos trabalhos que mostram a existência e/ou coexistência (em mecânica) de dois tipos de concepções: um cientificamente aceito (baseado na aplicação correta das leis de Newton) e outro baseado em algumas idéias que surgiram na idade média (como por exemplo, o ímpeto), nos levou a perguntar se em comparação aos alunos da modalidade presencial os alunos que cursaram a disciplina física básica A em um curso à distância explicam alguns fenômenos relacionados ao movimento corretamente ou utilizam alguma concepção alternativa. Para responder a questão anterior foi desenvolvido um questionário sobre força e velocidade aplicado aos alunos do curso de licenciatura em física que cursaram a disciplina física básica B oferecidas pela UFSC, nas modalidades presencial e a distância, durante o segundo semestre de 2007. As análises dos resultados e algumas conclusões preliminares são apresentadas neste trabalho.

**Palavras-chave:** Concepções alternativas, educação presencial, educação à distância.

### **Abstract**

In the last decade, we observe an increase in the offer, and in the interest on physics courses in the distance education modality. The effectiveness of such modality and the comparison to the presential education is still a question that deserves much investigation. In this work we make a comparison between the performance of students of both modalities in the discipline of basic mechanics of the second term at the University Federal of Santa Catarina. Through a questionnaire, based on the Force Concept Inventory, which aimed to investigate the presence of alternative conceptions, we try to detect differences in learning between students of the two groups. We did not intend to assess the presence of alternative conceptions, but we rather use the results to detect if the presence or absence of the

teacher do any difference in this context. The preliminary analyses of the results and some conclusions are presented.

**Keywords:** Alternative conceptions, distance physics courses.

## Introdução

Na década de 90 foi registrado um aumento significativo no número de matrículas no ensino médio (de 3,77 milhões em 1991 para 8,19 milhões em 2000). Entretanto, a capacidade de formação de professores para o ensino básico não acompanhou esta demanda [1]. Segundo o MEC, em física o déficit de professores é da ordem de 23,5 mil. Se for incluída a necessidade de formação em física para a nona série do ensino fundamental a demanda crescerá para 32 mil professores, porém nos últimos 12 anos foram licenciados 7,2 mil professores (apenas 22,5% do número necessário) [2-4]. É importante ainda citar que, segundo os mesmos estudos, cerca de 15% dos docentes que se encontra em sala de aula não possuem formação específica.

Para tentar minimizar o quadro acima, o MEC através de alguns editais, resolveu, entre outras medidas, financiar a ampliação da oferta de vagas nos cursos de Licenciatura em Física através da implementação de cursos na Modalidade a Distância (Pró-LICEN I, II e Universidade Aberta do Brasil). Estas vagas são destinadas para capacitar os professores que estão no mercado de trabalho e que não possuem formação específica e formar novos professores. Ao optar por projetos de Curso a Distância o MEC abre a possibilidade de formação de professores em regiões onde o acesso à Universidade não é possível.

Conforme se pode perceber há um aumento na demanda de profissionais devidamente habilitados acompanhado de um aumento na oferta de vagas nas universidades para a formação destes profissionais. Porém este movimento deve ser acompanhado de uma preocupação com a melhoria da qualidade dos profissionais formados, uma vez que estudos indicam que a forma tradicional de ensino baseado na ênfase da memorização de fatos e fórmulas, e na resolução de exercícios não permite a maioria dos alunos desenvolver um pensar científico [5-12].

Em 1985, David Hestenes e Ibrahim A. Halloun [13] propuseram a criação de um instrumento para acessar o conhecimento básico dos alunos após um curso introdutório de física. Segundo os autores, os alunos apresentam um conjunto de concepções alternativas similares, em sua maioria, em idéias surgidas na idade média e em alguns casos em concepções surgidas na antigüidade clássica.

Alguns anos após a publicação do artigo citado acima, eles apresentaram as conclusões do estudo através da análise de um questionário denominado Force Concept Inventory (FCI) [14]. Nesta análise parece evidente que: (a) os alunos ao começar um curso introdutório de física procuram explicar diversos fenômenos com idéias baseadas em concepções alternativas e não através da aplicação das leis de Newton e (b) após o curso poucos alunos tem suas concepções alteradas. Isto significaria dizer que a forma tradicional de ensino de física não levaria a uma resignificação das concepções iniciais dos alunos.

Este e outros testes foram aplicados a um número grande de alunos em várias instituições de ensino diferentes. Alguns resultados podem ser vistos nas referências [15 e 16], por exemplo. Estes estudos indicam a mesma conclusão.

Com o crescente aumento na procura e no número de Cursos de Licenciatura em Física na Modalidade a Distância, pode-se perguntar se estes resultados se modificam, já que nestes, o aluno enfrenta estes problemas de forma mais solitária.

Com o objetivo de tentar responder a questão proposta desenvolvemos um questionário, que foi aplicado durante o segundo semestre de 2007 aos alunos do curso de licenciatura em física, nas modalidades presencial e à distância. Durante a aplicação todos já haviam cursado a Disciplina Física Básica A que compreende os conteúdos de cinemática e dinâmica e, estavam cursando Física Básica B (Trabalho - energia, Conservação da Energia, Momento Linear e Colisões).

Os resultados deste questionário e sua análise serão apresentados ao longo deste trabalho.

### **O questionário desenvolvido**

O questionário aplicado começou a ser desenvolvido no segundo semestre de 2006. Inicialmente possuía 29 questões, algumas trabalhavam aspectos conceituais das leis de Newton e outras eram questões formais (envolviam cálculos). Entretanto, em virtude dos encontros entre os alunos e os tutores nos pólos serem restritos, resolvemos reduzir o número de questões pela metade. As questões mantidas foram em maioria, aquelas onde normalmente aparecem à confusão entre os conceitos de força resultante e velocidade. Portanto, ao invés do questionário abordar a aplicação das leis de Newton, ele passou a avaliar algumas concepções dos alunos sobre os movimentos.

No início do segundo semestre de 2007, um questionário piloto foi aplicado aos alunos do curso de engenharia química, que cursavam física I na Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Após a devolução dos questionários, as questões foram discutidas, com o objetivo de solucionar possíveis problemas nos enunciados.

Alguns comentários feitos pelos alunos presenciais, e mais alguns enviados pelos alunos do ensino à distância levaram a eliminar mais uma questão devido ao enunciado não estar redigido de maneira muito clara.

Assim a versão final do questionário (que pode ser vista no final deste trabalho) conta com quatorze questões, que procuram explorar de forma conceitual a relação entre força e velocidade.

Optamos por aplicar apenas o pós-teste porque a metodologias utilizadas pelos professores em cada caso é diferente e, não é objetivo do trabalho analisar as metodologias.

No final do segundo semestre de 2007, o questionário foi aplicado a cinquenta e seis alunos dos Cursos de Licenciatura em física da UFSC, sendo dezenove alunos do curso presencial e trinta e sete da modalidade à distância (pertencentes aos pólos de Braço do Norte, Canoinhas, Lages e Pouso Redondo). Os resultados podem ser vistos na próxima seção.

## Resultados

Após a correção do questionário, verificamos que a média de acertos para alunos do ensino presencial foi de 10,87 (apresentando um desvio padrão de 2,386), enquanto a média dos alunos da modalidade à distância foi de 7,757 (apresentando um desvio padrão de 3,982). Os percentuais de acertos das questões podem ser vistos figura 1.

A análise dos resultados acima mostra que os alunos da modalidade presencial apresentaram um número de acertos maior do que os alunos dos pólos (isto já pode ser evidenciado pelas médias).

Na tabela 1 podemos observar o percentual das respostas dadas em cada questão, pelos estudantes das modalidades presencial e à distância, destacando-se em negrito os índices correspondentes às alternativas corretas.

A primeira questão pode ser considerada fácil, uma vez que o índice de acerto foi grande (100% para alunos do curso presencial e aproximadamente 81% para os alunos do curso à distância). Entretanto, na segunda questão, apesar do bom índice de acerto (aproximadamente 87% dos alunos presenciais e 51% dos alunos à distância), 42% dos alunos que cursaram a disciplina à distância escolheram a opção (a). Nesta opção a força resultante apresenta a direção e o sentido da velocidade.

As questões 3 a 5 tratam sobre o lançamento oblíquo na ausência de resistência do ar. Nestas questões é pedido que o aluno indique a direção e o sentido da força resultante em três momentos distintos: no momento do lançamento, quando o projétil se encontra no ponto mais alto da trajetória e em um ponto qualquer durante a queda. Mais de 80% dos estudantes das duas modalidades de ensino representaram corretamente a força resultante no momento do lançamento. No ponto mais alto da trajetória (questão 4), aproximadamente 46% dos alunos do curso à distância assinalaram a opção correta (no presencial o índice foi de 73%), porém cerca de 32% dos estudantes da modalidade à distância assinalaram a alternativa onde a força resultante apresenta o sentido da velocidade (opção escolhida por 13% dos estudantes presenciais). Na questão 5, em um ponto qualquer na descida, os dois grupos apresentaram comportamento parecido (um índice de acerto em torno de 60%, enquanto 40% aproximadamente assinalaram a opção em que a resultante apresenta a direção e o sentido da velocidade). Podemos levantar duas hipóteses para explicar a incoerência nas respostas 4 e 5 apresentadas pelos alunos da modalidade presencial: (i) a ênfase dada pelos professores ao tratamento do ponto mais alto da trajetória. E (ii) o fato de que é comum os alunos considerarem que no ponto mais alto da trajetória de objeto lançado obliquamente, o vetor velocidade nulo, assim, a confusão entre força e velocidade tende a desaparecer.

A questão 6 apresentou um grande índice de acerto, acima de 75% nas duas modalidades. Já na questão 7, que aborda o movimento retilíneo uniforme, cerca de 49% dos alunos da modalidade à distância assinalaram a alternativa (a) (onde a força resultante teria a direção e o sentido da velocidade), enquanto somente 35% assinalaram a alternativa correta (resultante nula). Na questão 8 procura-se observar a representação da força resultante num movimento retilíneo uniformemente retardado, e cerca de 32% dos alunos da modalidade à distância assinalou a opção onde a resultante apresenta o comportamento da velocidade,

enquanto 46% assinalaram a alternativa correta, enquanto que no presencial 100% responderam corretamente.

A questão 9 está relacionada as três precedentes. Nela pediu-se que os alunos assinalassem a opção que melhor representaria o comportamento da força resultante em função do tempo, para o movimento discutido anteriormente (questões 6, 7 e 8). Na modalidade à distância, aproximadamente 32% dos alunos pesquisados assinalou a opção correta, enquanto 35% dos alunos assinalaram a opção (b), que mostra o comportamento da velocidade em função do tempo.

Nas questões 10 a 12 são abordados aspectos sobre o movimento circular uniforme. As três questões tiveram um bom índice de acerto (acima de 60%). Na questão 12, aproximadamente 13% dos alunos das duas modalidades assinalaram a alternativa (c), que indicava um “comportamento centrífugo”.

Na questão 13 procurou-se explorar uma aplicação do princípio da ação e reação. Esta questão teve um índice baixíssimo de acerto de maneira geral (menos de 50% dos alunos responderam corretamente). Uma das opções, que descrevia o comportamento do momento linear, foi escolhida por aproximadamente 32% dos alunos da modalidade à distância e 27% dos alunos da modalidade presencial. É importante ressaltar que aproximadamente 21% dos alunos da modalidade à distância assinalaram a alternativa que afirma que a força exercida pelo caminhão seria maior que a força exercida pelo carro.

Finalmente na questão 14, foi abordado o problema de um corpo descendo um plano inclinado com velocidade constante. Mais uma vez o índice de acertos foi muito baixo (aproximadamente 33% nas duas modalidades). Mais uma vez, aproximadamente 40% dos alunos do curso à distância e 27% dos alunos do curso presencial, assinalaram a opção onde a força resultante apresenta a direção e o sentido da velocidade.

## **Conclusões**

O aumento da oferta de cursos à distância nas áreas das ciências exatas e da natureza, aliada a dificuldade mostrada por muitos alunos em explicar alguns fenômenos utilizando corretamente as leis da mecânica, ao invés de concepções alternativas nos indicam a necessidade de se investigar de forma comparativa a aprendizagem de conceitos físicos.

A princípio a persistência ou não de concepções alternativas, podem servir de indicativo de possíveis diferenças na aprendizagem entre as modalidades presencial e a distância.

Neste trabalho procuramos investigar este ponto através de um questionário aplicado no segundo semestre de 2007, aos alunos dos cursos de licenciatura em física, de ambas as modalidades que estavam cursando a Disciplina Física Básica B.

Uma primeira observação mostra que os alunos do ensino presencial tiveram um rendimento melhor do que os alunos da modalidade à distância.

Uma parcela representativa dos alunos da modalidade à distância (em torno de 30%), representou a força resultante sempre com o sentido da velocidade, ou seja, mostraram uma tendência a explicar os fenômenos através de algo parecido

com a idéia de ímpeto surgida na idade média. Tendência essa comum numa grande parcela dos estudantes do ensino médio (e muitas vezes do superior).

Conforme afirmado anteriormente essa tendência aparentemente não aparece nos alunos do curso presencial. Porém, uma análise um pouco mais cuidadosa das respostas revela incoerências apresentadas nas questões onde foram abordados o lançamento oblíquo e o movimento de um corpo em um plano inclinado.

Nas questões 4 e 5, foi pedido que os alunos respondessem a alternativa que melhor representava a força resultante no ponto mais alto da trajetória e em um ponto onde o projétil estava descendo. Na modalidade presencial, a questão 4 foi respondida corretamente por cerca de 73% dos estudantes, enquanto na questão 5, aproximadamente 40% assinalaram a opção em que a força resultante teria a direção e o sentido da velocidade.

Na questão 14, onde um corpo desce um plano inclinado com velocidade constante, apenas 33% dos alunos da modalidade presencial responderam corretamente. Enquanto a opção em que a força resultante apresenta a direção e o sentido da velocidade foi escolhida por cerca de 27% dos estudantes.

Essas incoerências merecem ser mais bem estudadas, uma vez que elas podem indicar que não houve uma real resignificação dos conceitos, ou não os incorporaram de forma integral. Os resultados mostram que nas situações mais complexas, ou nos detalhes mais sutis, que não são usualmente explorados pelos professores, as incoerências aparecem mais fortemente. O que pode indicar o papel da autoridade do professor sobrepujando uma elaboração conceitual do aluno. No ensino a distância encontrou-se uma coerência maior nas respostas talvez devido a menor presença do professor, refletindo a elaboração conceitual própria de cada aluno. Um questionário mais aprofundado ou uma análise das provas realizadas talvez possa esclarecer melhor esta questão. Contudo, neste momento achamos prudente aplicar o mesmo questionário aos alunos do presencial que estão cursando a disciplina de Física Básica B neste semestre, para observar se este comportamento se repete.

Este trabalho indica que, neste momento, não há diferença significativa entre os alunos que cursam as duas modalidades. Porém entendemos que esta investigação deve continuar em outros momentos do curso.

Cabe ainda ressaltar que estes resultados fazem parte do processo de acompanhamento e avaliação do curso de licenciatura à distância em física, e deverão servir de base para o redirecionamento e a discussão das metodologias utilizadas.

## Figuras e Tabelas

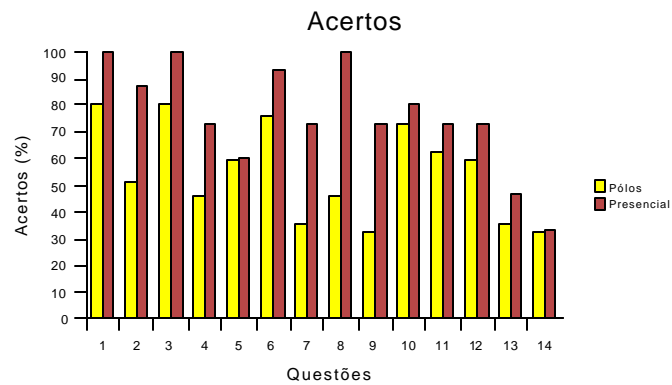


Figura 1: Percentual de acertos em cada questão dos alunos das modalidades de ensino presencial e à distância.

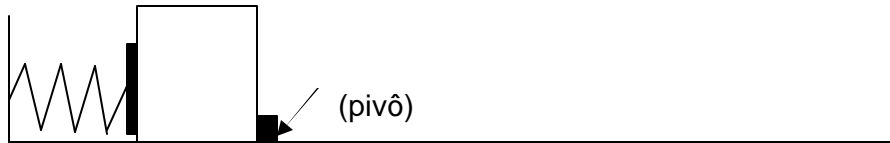
Questão	Modalidade presencial						Modalidade à distância					
	a	b	c	d	e	s.r	a	b	c	d	e	s.r
1	<b>100</b>	0	0	0	0	0	<b>81,08</b>	0	10,81	0	8,11	0
2	13,33	0	0	0	<b>86,67</b>	0	43,25	2,7	2,7	0	<b>51,35</b>	0
3	0	<b>100</b>	0	0	0	0	8,11	<b>81,08</b>	0	0	10,81	0
4	13,33	0	0	<b>73,33</b>	6,67	6,67	32,43	2,7	0	<b>45,95</b>	18,92	0
5	0	40	0	<b>60</b>	0	0	2,7	35,14	2,7	<b>59,46</b>	0	0
6	<b>93,33</b>	0	0	0	6,67	0	<b>75,68</b>	0	8,11	10,81	2,7	2,7
7	20	0	6,67	0	<b>73,33</b>	0	48,65	2,7	0	10,81	<b>35,14</b>	2,7
8	0	0	<b>100</b>	0	0	0	32,43	2,7	<b>45,95</b>	10,81	8,11	0
9	<b>73,33</b>	0	13,33	6,67	6,67	0	<b>32,43</b>	35,14	2,7	13,51	13,51	2,7
10	6,67	<b>80</b>	0	13,33	0	0	8,11	<b>72,97</b>	13,51	0	2,7	2,7
11	<b>73,33</b>	0	6,67	0	13,33	6,67	<b>62,16</b>	5,41	13,51	5,41	10,81	2,7
12	0	<b>73,34</b>	13,33	13,33	0	0	2,7	<b>59,46</b>	13,51	5,41	18,92	0
13	6,67	<b>46,66</b>	26,67	13,33	6,67	0	21,62	<b>35,14</b>	32,43	8,11	0	2,7
14	0	26,67	6,67	26,67	<b>33,33</b>	6,67	10,81	40,54	5,41	5,41	<b>32,43</b>	5,41

Tabela 1: percentual das respostas (corretas em negrito) dos alunos das modalidades presencial e a distância.

**Questionário aplicado aos alunos dos ensinos presencial e à distância.**

*O enunciado abaixo vale para as questões 1 e 2.*

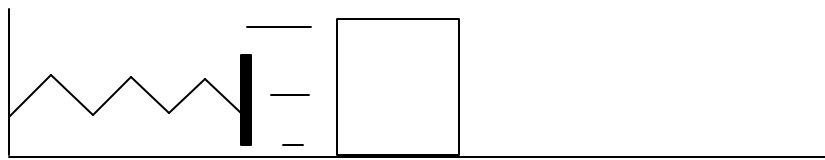
Um corpo está em repouso, preso por um pivô, comprimindo uma mola, como mostra a figura.



1. No momento em que o corpo for liberado, qual dos vetores representados, na figura, corresponde à direção e ao sentido da resultante das forças? Considere o atrito desprezível.

- a)  $\longrightarrow$  b)  $\uparrow$  c)  $\longleftarrow$  d)  $\downarrow$  e) 0

2. Considerando que o atrito entre o corpo e a superfície é desprezível, qual dos vetores indicados na figura, melhor representa a direção e o sentido da força resultante, após a perda de contato entre o corpo e a mola?

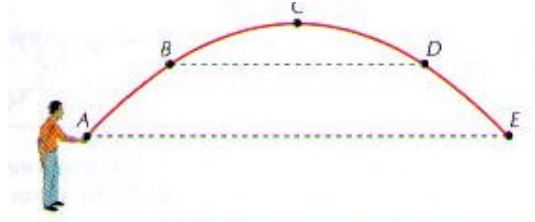


- a)  $\longrightarrow$  b)  $\uparrow$  c)  $\longleftarrow$  d)  $\downarrow$  e) 0



O enunciado abaixo se refere às questões 3 a 5

Considere um corpo lançado obliquamente do solo, num local onde a força de resistência do ar pode ser desprezada, conforme indica a figura.



3. No momento do lançamento a resultante das forças que atuam sobre o corpo é melhor representada por:

- a)  $\longrightarrow$    b)  $\nearrow$    c)  $\longleftarrow$    d)  $\searrow$    e) 0

4. No ponto mais alto da trajetória a resultante das forças que atuam sobre o corpo é melhor representada através do vetor:

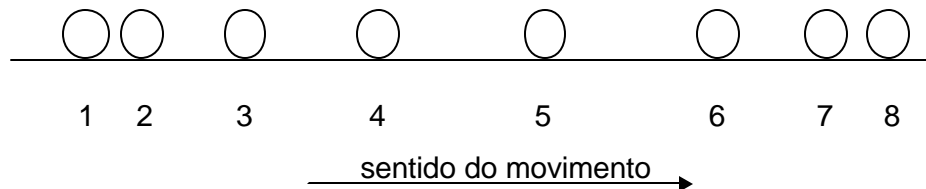
- a)  $\longrightarrow$    b)  $\uparrow$    c)  $\longleftarrow$    d)  $\downarrow$    e) 0

5. Pouco antes de chegar ao solo o vetor que melhor representa a resultante das forças que atuam sobre o corpo é melhor representado por:

- a)  $\longrightarrow$    b)  $\searrow$    c)  $\swarrow$    d)  $\downarrow$    e) 0

O enunciado abaixo se refere às questões 6 a 9

A figura abaixo representa as posições ocupadas por um corpo (de 1 a 8), medidas a intervalos de tempos iguais.



6. No ponto 2, qual dos vetores abaixo melhor representa a resultante das forças sobre o corpo?

- a)  $\longrightarrow$    b)  $\uparrow$    c)  $\longleftarrow$    d)  $\downarrow$    e) 0

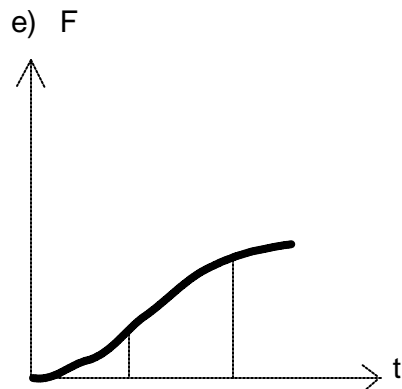
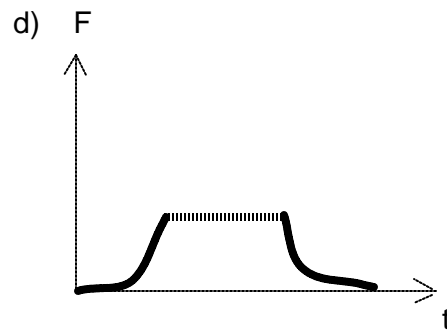
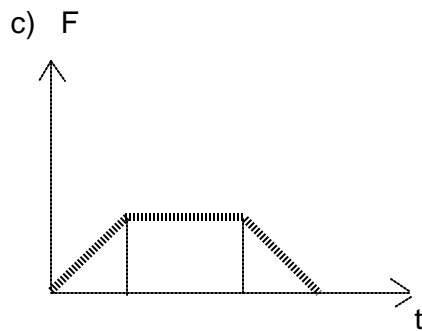
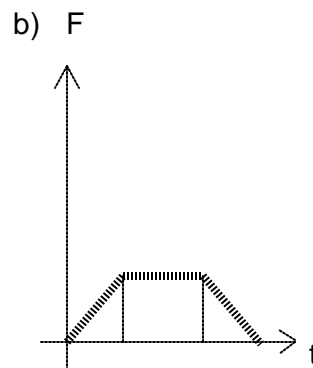
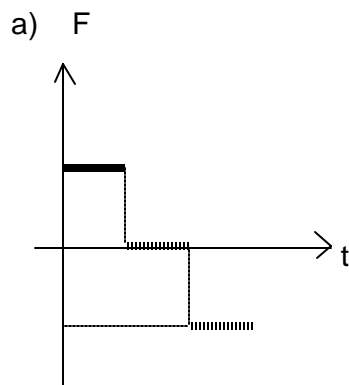
7. No ponto 5, qual dos vetores abaixo melhor representa a resultante das forças sobre o corpo?

- a)  $\longrightarrow$    b)  $\uparrow$    c)  $\longleftarrow$    d)  $\downarrow$    e) 0

8. No ponto 7, qual dos vetores abaixo melhor representa a resultante das forças sobre o corpo?

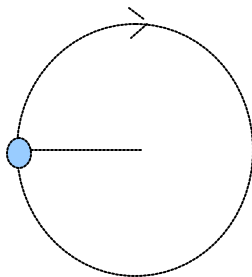
- a)  $\longrightarrow$    b)  $\uparrow$    c)  $\longleftarrow$    d)  $\downarrow$    e) 0

9. Qual dos gráficos abaixo melhor representa a resultante das forças que atuam sobre o corpo ao longo do tempo?



O enunciado abaixo se refere às questões 10 a 12.

Um corpo, de massa  $m$ , está em movimento circular uniforme preso a um fio de comprimento  $l$ , sobre uma mesa horizontal sem atrito, como mostra a figura (vista de cima).



10. Qual dos vetores abaixo melhor representa a velocidade do corpo na posição mostrada na figura?

- a)  $\longrightarrow$     b)  $\uparrow$     c)  $\longleftarrow$     d)  $\downarrow$     e) 0

11. Qual dos vetores abaixo indicados melhor representa a resultante das forças sobre o corpo na posição mostrada na figura?

- a)  $\longrightarrow$     b)  $\uparrow$     c)  $\longleftarrow$     d)  $\downarrow$     e) 0

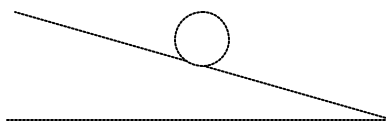
12. Se o fio se romper, quando o fio estiver passando na posição mostrada na figura, qual das opções abaixo melhor representa a direção e o sentido do movimento do corpo?

- a)  $\longrightarrow$     b)  $\uparrow$     c)  $\longleftarrow$     d)  $\downarrow$     e) nenhuma das anteriores

13. Na BR 101, próximo ao município de Imbituba, um carro de massa 850 kg chocou-se com um caminhão de massa 2 toneladas. Sabendo que as velocidades do carro e do caminhão no momento do impacto são 150 km/h e 60 km/h, respectivamente, podemos afirmar que:

- a) a força exercida pelo caminhão é maior que a força exercida pelo carro.  
 b) a força exercida pelo caminhão é igual a força exercida pelo carro.  
 c) a força exercida pelo caminhão é menor a força exercida pelo carro.  
 d) as forças exercidas pelo caminhão e pelo carro são nulas.  
 e) não sei como resolver a questão.

14. O corpo da figura desce o plano inclinado com velocidade constante. Qual dos vetores representados melhor indica a direção e o sentido da resultante das forças que atuam sobre o corpo.



- a)  $\uparrow$     b)  $\searrow$     c)  $\swarrow$     d)  $\downarrow$     e) 0

### Referências

- [1] Cunha, S. L. S., *Reflexões Sobre a EAD no Ensino de Física*, Rev. Bras. Ens. Fís., 28(2), 2006, p. 151.
- [2] INEP, *A Educação no Brasil na Década de 90: 1991-2000*. INEP: Brasília, 2003.
- [3] MEC/ INEP/ SEED, *Pró-Licenciatura: Propostas Conceituais e Metodológicas*. MEC/ INEP/ SEED: Brasília, 2005.
- [4] Sociedade Brasileira de Física, *Física Para o Brasil: Pensando o Futuro*. SBF: São Paulo, 2004.
- [5] Clement, J., Students' preconceptions in Introductory Mechanics, Am. J. Phys., 50, 1982, p. 66.
- [6] McCloskey, M., *Intuitive Physics*, Sci. Am., 249, 1983, p. 122.
- [7] McCloskey, M., Caramazza A., Green, B., *Curvilinear Motion in Absence of External Forces*, Science, 210, 1980, p. 1139.
- [8] Minstrell, J., *Explaining the 'at Rest' Condition of an Object*, Phys. Teach., 20, 1982, p. 10.
- [9] Gunstone, R. F., White, R., *Understanding Gravity*, Sci. Ed., 65, 1981, p. 291.
- [10] Trowbridge, D. E., McDermott, L. C., *Investigation of Students' Understanding of the Concept of Velocity in One Dimension*, Am. J. Phys., 48, 1980, p. 1020.
- [11] Trowbridge, D. E., McDermott, L. C., *Investigation of Students' Understanding of the Concept of Acceleration in One Dimension*, Am. J. Phys., 49, 1981, p. 242.
- [12] Champagne, A. B., Klopfer, L. E., Anderson, J. H., *Factors Influencing the Learning of Classical Mechanics*, Am. J. Phys., 48, 1980, p. 1074.
- [13] Hestenes, D. e Halloun I. A., *Initial Knowledge State of College Physics Students*, Am. J. Phys. 53(11), p. 1043.
- [14] Hestenes, D., Wells M. e Swackhamer G., *Force Concepty Inventory*, The Physics Teacher, Vol. 30, Março 1992, p. 141.
- [15] Barbeta, V. B. e Yamamoto, I., *Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia*, Rev. Bras. Ens. Fís., 24(3), p. 324.
- [16] Moraes, M. A. e Moraes, J. I., *A Avaliação Conceitual de Força e Movimento*, Rev. Bras. Ens. Fís., 22(2), p. 232.