
DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NA TERCEIRA LEI DE NEWTON

Sérgio Luiz Talim

Colégio Técnico – Setor de Física.
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – MG

Resumo

Apresentamos o resultado de um estudo sobre a compreensão de alunos do ensino médio a respeito da terceira lei de Newton. Um teste devidamente validado foi utilizado e detectou a presença de conceitos espontâneos dos alunos. Uma análise fatorial demonstrou que as dificuldades dos alunos estão distribuídas em três grupos que representam três diferentes situações ou problemas. Estas três situações devem ser trabalhadas separadamente pelo professor na sua prática didática se pretendemos melhorar a compreensão dos alunos sobre a terceira lei de Newton.

I. Introdução

Nos últimos anos, vários pesquisadores da área de ensino de Física têm estudado e coletado informações sobre como os alunos aprendem (WANDERSEE et al, 1993). Os resultados parecem indicar que dificuldades de aprendizagem similares ocorrem entre alunos de diferentes idades e habilidades, dificuldades essas que se mantêm mesmo após o aluno ter feito um curso formal de Física. A persistência dessas dificuldades sugerem que o ensino formal não tem sido eficiente na mudança dos conceitos não científicos dos alunos para conceitos científicos, e que novas estratégias e abordagens de ensino devem ser aplicadas. Muitos desses estudos destacam que o fator preponderante, que dificulta a aprendizagem dos conceitos científicos, reside nos conceitos ou concepções espontâneas que os alunos adquirem antes da instrução formal. Esses conceitos espontâneos são muito resistentes às mudanças pelas técnicas habituais de ensino utilizadas pelos professores.

Exemplos desses conceitos espontâneos que dificultam a aprendizagem podem ser o não reconhecimento de muitos alunos da existência de forças como tensão em cordas e forças exercidas por superfícies em corpos postos sobre elas, na confusão entre os conceitos de posição e velocidade, e, entre velocidade e aceleração, na

suposição da necessidade da presença de uma força na direção do movimento para manter os corpos se movendo entre muitos outros (MCDERMOTT, 1984; HALLOUN 1985).

A terceira lei de Newton (princípio de ação e reação) não tem sido muito estudada sob o ponto de vista da existência de conceitos espontâneos e de suas conseqüências na aprendizagem dos alunos. Um trabalho anterior de MIGUEL H. URE, et al (1994), identificou a presença de alguns conceitos espontâneos em alunos de vários cursos superiores da região da cidade de Caracas na Venezuela. Por exemplo, para muitos alunos, quando um corpo de grande massa interage com outro de pequena massa, a força feita pelo corpo de massa maior será também maior. Para o caso em que um corpo de grande massa é empurrado por uma pessoa sem que esse corpo se mova, muitos alunos não reconhecem a existência da força de reação do corpo sobre a pessoa que o empurra.

O objetivo deste trabalho será de estudar a existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton em alunos do ensino médio, verificando a maneira como esses conceitos dificultam a aprendizagem dos alunos e interferem na sua compreensão da terceira lei de Newton. Com isto, esperamos chamar a atenção dos professores sobre esse tipo específico de dificuldade e encontrar novas maneiras de ensinar esse conteúdo, de modo a melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

II. Metodologia utilizada

Para detectar a existência de conceitos espontâneos e as dificuldades de aprendizagem dos alunos sobre a terceira lei de Newton, utilizamos um teste composto de sete (07) itens de múltipla escolha sobre várias situações onde se exige o conhecimento dessa lei para se responder. Esse teste é uma versão reduzida de um teste anterior por nós construídos (TALIM et al, 1998), baseado na lista de objetivos especificados na tabela 1.

O teste, mostrado no apêndice, foi aplicado a 91 alunos do ensino médio, sendo 62 alunos do primeiro ano de uma escola particular de Belo Horizonte (colégio A) e 29 alunos do segundo ano do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais (colégio B). Ambos os grupos já tinham estudado o conteúdo da terceira lei.

A diferença entre os dois grupos de alunos é muito grande. O colégio particular tinha menos de dois anos de experiência no ensino médio, não tinha aulas de laboratório, e tinha apenas 3 aulas de física por semana. O colégio Técnico é uma escola renomada e com muitos anos de experiência no ensino de Física, conta com uma equipe de professores com formação muito acima da média (80 % têm doutorado) que fazem pesquisa e contam com laboratórios bem montados onde os alunos têm aulas práticas em grande número. Os alunos da escola Técnica também passam por um exame de seleção muito concorrido, o que contribui para o aumento da qualidade destes alunos. Diante dessas diferenças entre os dois grupos é de se esperar uma diferença

significativa também nos resultados do teste, e este fato pode ser usado como uma indicação da validade do teste utilizado.

Tabela 1 - Objetivos pretendidos na construção do teste

<p>1 - Detectar se os alunos poderão ser capazes de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido a interação por contato nas seguintes situações:</p> <ul style="list-style-type: none">a) pequeno objeto que colide com objeto grande e imóvel;b) objetos (ou pessoas) de tamanhos diferentes interagindo entre si e deslocando-se em sentidos contrários uns dos outros devido a esta interação;c) objetos de tamanhos diferentes e deslocando-se no mesmo sentido.
<p>2 - Detectar se os alunos poderão ser capazes de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido à interação gravitacional nas seguintes situações:</p> <ul style="list-style-type: none">a) objeto caindo nas proximidades da superfície da Terra;b) objeto satélite em órbita em torno da Terra.

O teste construído passou por um processo de verificação de sua validade, ou seja, se o teste mede realmente aquilo que se deseja medir, e fidedignidade, ou seja, se a medida tem precisão (CRONBACH, 1951; FERGUSON, 1984; SILVEIRA et al, 1989; SILVEIRA, 1993; VIANNA, 1976). Não existe um método único de verificação de validade, mas sim uma série de evidências que indicam o seu grau (MESSICK, 1993). Uma evidência é dada pela análise da qualidade técnica das questões e de sua adequação ao conteúdo e aos objetivos (tabela 1) que se quer verificar. Outra evidência é verificar se houve diferenças significativas entre os escores do teste entre os dois grupos de alunos citados antes. A fidedignidade é uma medida da precisão do instrumento utilizado e pode ser verificada a partir de um cálculo da consistência interna, que pode ser feito através do coeficiente alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951). Este coeficiente, cujo valor pode estar entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, melhor será a precisão, verifica se os itens do teste têm coerência entre si e com o teste como um todo, partindo do pressuposto que cada item é uma medida do mesmo construto (a aprendizagem), e por isto existe uma correlação positiva entre eles.

Para analisar os tipos de dificuldades que os alunos têm na compreensão da terceira lei de Newton, podemos fazer uma análise fatorial exploratória dos resultados do teste (FERGUSON, 1984; HARMAN, 1976). Esta análise nos permite descobrir se existem e quantos são os fatores comuns que explicam as correlações entre as notas dos alunos em cada item. Pode-se entender melhor isso a partir do seguinte exemplo: você pode querer medir a atitude de seus alunos em relação à sua disciplina. Uma maneira de fazer isso é construir um questionário com várias afirmativas sobre a disciplina e pedir

que os alunos respondam se concordam ou não com elas. Se todas as afirmativas estão relacionadas com a atitude, então existe um único fator que poderia explicar as respostas dos alunos. A análise fatorial permite verificar se esse fator comum realmente existe, e se existe realmente apenas um único fator por trás de todas as afirmativas. Com isto, poderemos ter confiança que todas as afirmativas estão mesmo relacionadas com um único construto, que nesse caso deverá ser a atitude.

No presente trabalho podemos descobrir quantos e quais são os fatores que explicam as respostas dos alunos, e como os alunos respondem à certos grupos de questões, obtendo-se assim a maneira como os alunos compreendem a terceira lei de Newton. A análise fatorial será feita utilizando o pacote estatístico STATISTICA.

III. Resultados

A tabela 2 mostra os resultados da aplicação do teste para o grupo total de 91 alunos do segundo ano do ensino médio. O escore médio foi 3,0 e o desvio padrão 2,1, com um coeficiente de fidedignidade (alfa de Cronbach) 0,73. O coeficiente alfa indica que o teste tem uma boa consistência interna levando em conta o reduzido número de questões utilizadas.

Tabela 2 (grupo total) - Percentagem de marcação em cada opção (A opção correta está marcada com asterisco)

Questão	Opção				
	A	b	C	d	e
1	0,62*	0,02	0,14	0,11	0,11
1	0,36	0,38*	0,09	0,15	0,01
3	0,16	0,10	0,01	0,49*	0,23
4	0,38	0,11	0,30*	0,02	0,10
5	0,11	0,46	0,30*	0,02	0,10
6	0,11	0,002	0,62*	0,35	0,00
7	0,23	0,24*	0,12	0,14	0,25
Número de alunos: 91		Escore médio: 3,0 Desvio Padrão: 2,1		Coeficiente alfa: 0,73	

As tabelas 3 e 4 mostram os resultados do teste para cada grupo de alunos dos colégios A e B. Verificamos que existe uma diferença significativa entre as médias dos dois grupos ($\alpha < 0,001$), indicando que o teste tem validade pois detectou a diferença entre os grupos. Uma análise dos erros cometidos pelos alunos mostra que

estes erros são muito parecidos nos dois grupos, indicando a existência de conceitos espontâneos. Estes conceitos parecem ser os seguintes:

1. Os alunos não identificam a força do corpo sobre uma parede imóvel, mas apenas a força da parede sobre o corpo (que está em movimento) que colide com ela;
2. os alunos não identificam a força de um corpo (que está próximo a Terra) sobre a Terra, ou se a identificam, ela é menor do que a força da Terra sobre o corpo;
3. para os alunos, quem empurra exerce a maior força;
4. para os alunos, no caso de corpos em contato movendo-se na mesma direção, o corpo de maior massa exerce a maior força.

Tabela 3 (colégio A) – Percentagem de marcação (a opção correta está marcada com um asterisco)

Tabela 4 (colégio B) – Percentagem de marcação (a opção correta está marcada com um asterisco)

Questão	Opções					Questão	Opções				
	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	0,56*	0,02	0,19	0,1	0,13	1	0,72*	0,03	0,03	0,14	0,07
2	0,44	0,27*	0,13	0,15	0,02	2	0,21	0,62*	0,00	0,17	0,00
3	0,23	0,11	0,02	0,36*	0,29	3	0,03	0,07	0,00	0,79*	0,10
4	0,45	0,13	0,14*	0,03	0,27	4	0,24	0,07	0,66*	0,00	0,03
5	0,16	0,57	0,13*	0,03	0,1	5	0,00	0,24	0,66*	0,00	0,10
6	0,00	0,02	0,55*	0,42	0,00	6	0,00	0,03	0,76*	0,21	0,00
7	0,29	0,15*	0,16	0,15	0,24	7	0,10	0,45*	0,03	0,14	0,28
Alunos: 62		Média: 2,2		Desvio padrão: 1,5		Alunos: 29		Média: 4,7		D. padrão: 2,1	

Podemos estudar também a estrutura das respostas dos alunos nas várias questões, procurando alguma ordem ou fatores comuns que expliquem a maneira como os alunos respondem. Para isso uma análise fatorial foi realizada e verificamos que três fatores são suficientes para se explicar as correlações entre as questões, como mostrado na tabela 5. As cargas fatoriais são os valores do coeficiente de correlação entre os escores dos itens e os fatores. Um alto valor dessa carga fatorial, em apenas um fator, indica que esse fator é o mais importante para se explicar a resposta dos alunos a esse item.

Tabela 5 - Carga fatorial

Método de extração: componente principal. Rotação: quartimax

Questão	Fator 1	Fator 2	Fator 3
1	0,093	0,038	0,939
2	0,234	0,809	0,256
3	0,178	0,819	-0,182
4	0,924	0,083	0,0422
5	0,917	0,127	0,114
6	0,485	0,296	0,154
7	0,699	0,069	-0,187
Var. explicada	2,513	1,438	1,053
Perc. Var. explicada	0,360	0,205	0,150

Analisando a tabela 5 verificamos que podemos agrupar as questões em três grupos, sendo o primeiro grupo composto da questão 1, o segundo grupo composto das questões 2 e 3, e o terceiro grupo das questões 4, 5, 6 e 7. Os resultados parecem indicar que os alunos têm dificuldades diferentes para estes diferentes grupos, já que os alunos que erram uma questão em um grupo têm grande chance de errar as questões desse mesmo grupo, mas não as questões dos outros grupos. Embora uma análise superficial indique que todas as questões meçam o mesmo conhecimento (lei de ação e reação), para os alunos existem na verdade três tipos de situações diferentes que devem ser tratadas em separado. Essas três situações são:

1. *Um corpo móvel que colide com uma parede ou um grande corpo imóvel;*
2. *corpos que interagem com forças de longo alcance;*
3. *corpos móveis em contato um com outro.*

IV. Conseqüências e implicações para o ensino

Utilizamos um teste de 7 questões para identificar conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton em alunos do ensino médio, e analisamos a maneira como os alunos compreendem esta lei a partir dos resultados do teste. O teste se mostrou válido por ter sido construído de acordo com um conjunto de objetivos específicos, por detectar a diferença entre dois grupos de alunos que deveriam ser mesmo diferentes, e por ter uma boa fidedignidade medida pelo coeficiente alfa de Cronbach. Uma análise fatorial identificou três fatores que parecem contribuir para as dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Os resultados relatados neste trabalho apenas sugerem a existência de conceitos intuitivos sobre a terceira lei de Newton e, a estrutura destes conceitos em alunos do ensino médio, pois o número de alunos testados (91) não é significativo, não justificando com certeza uma generalização dos resultados para todos os alunos do ensino médio. No entanto, os resultados estão de acordo com os encontrados por MIGUEL H. URE, et al (1994) na identificação dos conceitos e também na estrutura das respostas. Os quatro conceitos encontrados neste trabalho também se encontram no referido trabalho, mas deve-se lembrar que neste, a amostra é de alunos da Venezuela e do nível superior. A estrutura foi aqui estudada utilizando-se uma metodologia bem mais elaborada (análise fatorial) e mais indicada, por utilizar correlações entre as respostas e não apenas a porcentagem delas.

Uma consequência do trabalho, com implicações para o ensino de Física no ensino médio, está na existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton e na possibilidade do uso de estratégias de mudanças conceituais para provocar a mudança desses conceitos para os conceitos científicos (WANDERSEE et al., 1993).

Outra consequência importante é a existência de uma estrutura na maneira como os alunos entendem essa lei. Cada uma das três situações citadas acima é vista como sendo diferente pelos alunos, e deve ser tratada de maneira separada pelo professor. Os alunos deveriam trabalhar questões dos três tipos para garantir uma adequada compreensão da terceira lei de Newton. O fato de que um aluno saiba responder corretamente uma questão representando a situação 1, citada antes no nosso trabalho, não garante que ele responderá corretamente questões que envolvam conhecimentos representados nas situações 2 ou 3, indicando que esse aluno não tem uma correta compreensão da terceira lei.

V. Referências

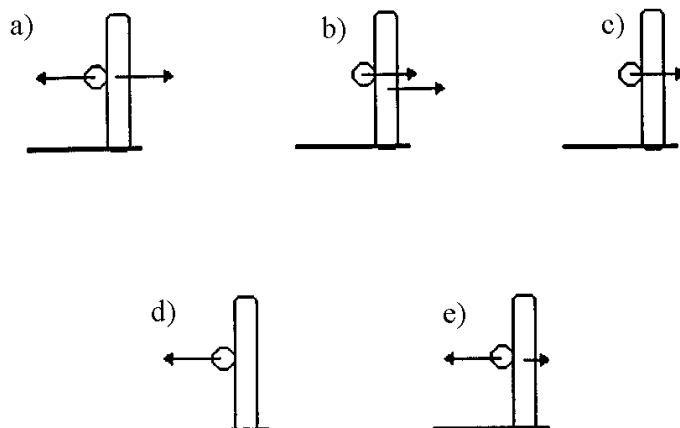
- CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, p. 297-334, 1951.
- FERGUSON, G. A. **Statistical Analysis in Psychology and Education**. Singapore: McGraw-Hill International Book Co., 1984.
- HARMAN, H. H. **Modern Factor Analysis**. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. **Am. J. Phys.**, v. 53, p. 1043-1055, 1985.
- MESSICK, S. V. In: LINN, R. L. (Ed), Educational Measurement, American Council on Education, Oryx Press, 1993. p. 13-103.

- MCDERMOTT, L. C. Research on conceptual understanding in mechanics. **Physics Today**, p. 2-10, jul. 1984.
- SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 11, p. 1129-1133, 1989.
- SILVEIRA, F. L. Validação de testes de lápis e papel. In: MOREIRA, M. A., SILVEIRA, F. L. Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem. Porto Alegre: Ed. EDIPUCRS, 1993. p. 67-101.
- TALIM, S. L.; OLIVEIRA, J.; LEBOEUF, H. A. Construção e Validação de um Teste para Verificar a Compreensão das 1ª e 3ª Leis de Newton. In: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, V, 1998, Águas de Lindóia. Anais.
- URE, M. H., et al. Concepciones Intuitivas de los Estudiantes (de Educación Media y la Universidad) sobre el Principio de Acción y Reacción. **Rev. Bras. de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, p. 120-128, 1994.
- VIANNA, H. M. **Testes em Educação**. São Paulo: Ed. IBRASA, 1976.
- WANDERSEE, J. H., et al. Research on Alternative conceptions in Science. In: GABEL, D. L. (Ed). Handbook of Research on Science Teaching and Learning. New York: MacMillan Publishing Company, 1993.

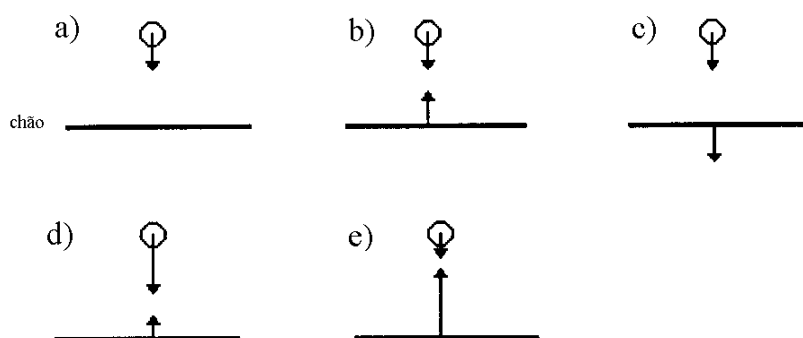
Apêndice

Teste sobre a terceira lei de Newton

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

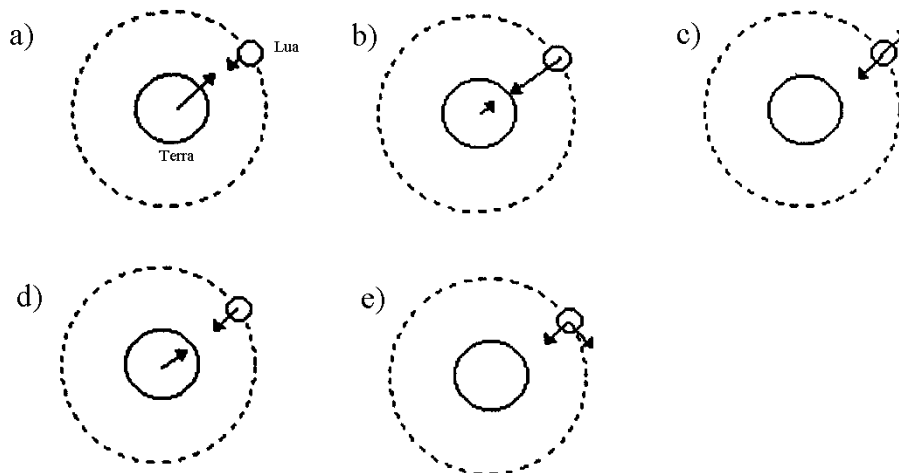


2) Considere uma pedra caindo próxima à superfície da Terra. Das opções abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) no sistema pedra-Terra¹. Despreze o atrito com o ar.



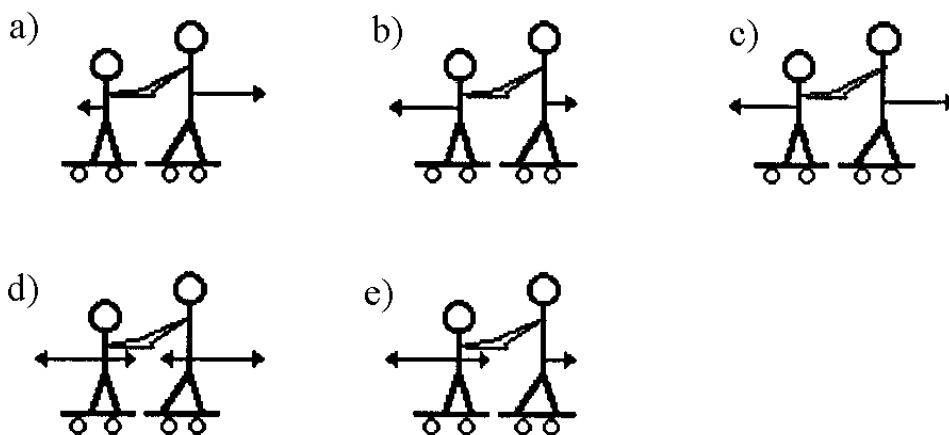
¹ Na figura deste problema, a seta que indica a força agindo na Terra deveria estar localizada no centro da mesma. Embora esta imperfeição do desenho não pareça ter provocado nenhum problema de entendimento por parte dos alunos que responderam o teste, é conveniente consertar a figura se o teste for utilizado por outras pessoas.

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



As questões 4, 5 e 6 referem-se ao enunciado abaixo:

Dois garotos, um grande e um pequeno, estão um de frente para o outro, sobre skates. Coloque entre os parênteses a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atua(m) nos garotos, devido apenas à interação entre eles no momento em que:



- 4) O pequeno empurra o grande ().
 5) O grande empurra o pequeno ().
 6) Os dois se empurram mutuamente ().

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

