

A SOBREVIVÊNCIA DO ALTERNATIVO: UMA PEQUENA DIGRESSÃO SOBRE MUDANÇAS CONCEITUAIS QUE NÃO OCORREM NO ENSINO DE FÍSICA

Marcos Cesar Danhoni Neves

Arlindo Antônio Savi

Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá

Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-PR

e-mail: macedane@fisica.dfi.uem.br

Resumo

O presente trabalho apresenta uma pesquisa sobre conceituação alternativa realizada com alunos de cursos de graduação em Engenharias e Matemática e de pós-graduação (Mestrado) em Física da Universidade Estadual de Maringá. São analisados, a partir dos resultados da pesquisa, as prováveis causas para mudanças conceituais (numa aproximação galileana-newtoniana) que dificilmente ocorrem no longo período de formação superior. Salienta-se, ainda, a importância de estratégias informais de ensino e a necessidade da história da ciência no processo de construção do conhecimento físico.

Introdução

Durante os anos de 1998 e 1999 realizamos uma pesquisa sobre conceituação espontânea (em tópicos de Mecânica) envolvendo 130 estudantes de primeiro ano dos cursos de graduação em Engenharias (Química e Civil) e Matemática, e 17 estudantes de pós-graduação (Mestrado) em Física da Universidade Estadual de Maringá. Os objetivos da pesquisa podiam ser resumidos pelas seguintes interrogações:

- a) até que ponto os três anos de Ensino Médio promoveram mudanças nos esquemas de concepções alternativas dos estudantes para esquemas mais próximos àqueles do “paradigma” galileano-newtoniano?
- b) qual a distância entre os esquemas de concepções espontâneas presentes em alunos de início de um curso de graduação e aqueles dos alunos de pós-graduação?
- c) existe alguma diferença significativa entre os esquemas de concepções espontâneas presentes em estudantes da rede privada de ensino e aqueles da rede pública de educação?
- d) qual o papel da história da ciência no ensino de Física?

Tais interrogações e seus resultados, ainda que parciais, nos levaram a elaborar certas estratégias de ensino e pesquisa para construir alternativas metodológicas e instrucionais ao ensino tradicional de Física no Ensino Médio e Superior.

O instrumento de pesquisa

Utilizamos como instrumento de pesquisa de concepções alternativas em Mecânica um questionário aberto envolvendo as seis questões abaixo:

- 1) Imagine um poço que perfure toda a Terra, como nas três situações ilustradas abaixo [(a) poço “vertical”; (b) poço “inclinado”; (c) poço “horizontal”]. Despreze a resistência do ar e os efeitos de temperatura no interior da Terra. Suponha que as paredes do poço sejam perfeitamente lisas e polidas. Segundo sua opinião, o que aconteceria a uma pedra que fosse abandonada na abertura de cada um dos poços em cada uma das três situações? Justifique sua resposta.
- 2) Imagine um tiro de canhão. Nos três momentos da trajetória da bala (na boca do canhão, no meio da trajetória e no ponto de chegada), quais são as forças envolvidas? Desenhe-as.
- 3) Segundo sua opinião, porque uma pedra continua a se mover mesmo depois que a mão que a lançou não a toca mais?
- 4) Imagine um balão levado ao fundo do mar. Segundo sua opinião, o que aconteceria ao volume desse balão?
 - (a) Ficaria alongado verticalmente.
 - (b) Ficaria alongado horizontalmente.
 - (c) Diminuiria.
 - (d) Aumentaria.
 - (e) Ficaria inalterado.
- 5) Por quê os astronautas flutuam no interior de uma nave espacial?
- 6) Uma pedra é colocada sobre o prato de uma balança. A agulha de seu marcador se desloca registrando a leitura. Imagine agora todo o conjunto (pedra + balança) envolto por uma campânula de vidro. Uma bomba de sucção retira todo o ar, criando um vácuo quase perfeito. O que aconteceria à agulha do marcador da balança nessa nova situação? Por quê?

Este questionário foi utilizado, como já dissemos, para estudantes de graduação das Engenharias e Matemática, que cursavam a disciplina de “Laboratório de Física I – Mecânica e Termodinâmica”. A aplicação do questionário se deu no primeiro dia de aula para evitar que as respostas apresentassem “ruídos” de concepções do tipo galileano apreendidas durante uma aula padrão. O mesmo ocorreu com os estudantes de Mestrado envolvidos. O questionário foi respondido no primeiro dia de aula do curso de “Mecânica Clássica”.

Estes dois “universos”, o de alunos ingressantes na graduação (saindo do Ensino Médio), e o de alunos ingressantes na pós-graduação (saindo do Ensino Superior), poderiam, assim, ser confrontados, em seus resultados, sobre o sucesso ou insucesso do ensino tradicional (livresco, manualístico) para a apreensão (e não construção!) do “paradigma” galileano-newtoniano.

Resultados

Para a primeira questão, os resultados obtidos foram aqueles sumarizados nas tabelas Ia, Ib e Ic.

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	3,36	35,30
Alternativo	75,63	58,82
Ambíguo	21,01	5,88

Tabela Ia (poço “vertical”)

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	4,20	35,30
Alternativo	73,95	58,82
Ambíguo	21,85	5,88

Tabela Ib (poço “inclinado”)

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	3,39	35,30
Alternativo	73,73	58,82
Ambíguo	22,88	5,88

Tabela Ic (poço “horizontal”)

Estamos considerando como resposta do tipo GALILEANO-NEWTONIANO aquela que identifica o movimento da pedra no poço como um movimento harmônico simples. As respostas de tipo ALTERNATIVO, são, portanto, todas as que não se inserem nesse esquema, como, p.ex., “vai até a outra extremidade e pára”; “pára no centro”; “não chega até o centro”; “não rola” (no caso do poço “horizontal”); “atravessa o poço e orbita ao redor da Terra”.

A resposta alternativa mais invocada foi aquela de que a pedra fica presa ao centro da Terra, pois “a gravidade é dirigida para o centro, onde é mais intensa” (Danhoni Neves, 1998). Este padrão de resposta foi invocado por cerca de 50% da amostra tanto para a graduação quanto para a pós-graduação. Curioso foi os quase 24% dos estudantes de graduação que responderam que a pedra (ou bola) não rola quando abandonado na abertura do poço “horizontal”.

Os padrões de respostas obtidos na segunda questão (disparo de canhão) estão presentes nas tabelas IIa, IIb e IIc.

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	18,85	70,60
Alternativo	75,63	29,40
Ambíguo	21,01	0,0

Tabela IIa (início da trajetória: bala saindo da boca do canhão)

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	37,10	70,60
Alternativo	57,25	23,52
Ambíguo	5,65	5,88

Tabela IIb (bala na metade da trajetória)

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	77,69	76,47
Alternativo	14,88	17,65
Ambíguo	7,43	5,88

Tabela IIc (ponto final da trajetória: terra)

Aqui, o padrão de respostas segue um esquema entre o “aristotélico” e o “nominalista”, ou seja, um “motor externo” mantenedor do movimento (“*cessante causa cessat effectus*” – Danhoni Neves, 1999). É invocado, freqüentemente, a ação de várias “forças”: peso, normal, força aplicada, força de resistência.

Na terceira questão (mão que lança a pedra), os resultados estão presentes na tabela III.

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	29,26	88,23
Alternativo	69,93	11,77
Ambíguo	0,81	0,0

Tabela III (mão que lança a pedra)

O padrão de respostas do tipo “alternativo” seguiu próximo àquele da segunda questão. No entanto, elementos explicativos novos aparecem, além daqueles da “força externa” (“aplicada”): resultante de forças com energias; conservação da velocidade; resultante da gravidade com a conservação da energia mecânica; inércia como conceito de força, etc.

Na quarta questão encontramos os resultados expostos na tabela IV.

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	41,60	11,76
Alternativo	56,80	82,36
Ambíguo	1,60	5,88

Tabela IV (balão no fundo do mar)

Na quinta questão obtivemos um padrão de respostas que se assemelha muito entre as duas amostras (graduação e pós-graduação) analisadas, como podemos observar pela tabela V.

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	6,45	5,88
Alternativo	91,15	94,12
Ambíguo	2,40	0,0

Tabela V (astronauta no interior de nave espacial)

Na sexta, e última questão, surpreendentemente, o padrão de respostas entre estudantes de graduação e de pós-graduação também se assemelham, apesar de um número significativamente maior de respostas com esquemas do tipo galileano-newtoniano (ver tabela VI).

Esquema das respostas	Percentual de respostas entre alunos de graduação	Percentual de respostas entre alunos de pós-graduação
Galileano-Newtoniano	47,54	52,94
Alternativo	46,72	47,06
Ambíguo	5,74	0,0

Tabela VI (balança no vácuo)

Discussão dos resultados

Os padrões de respostas para todas as questões assemelham-se aos inúmeros resultados obtidos em diferentes pesquisas acerca de concepções alternativas/espontâneas em Física (Vicentini-Missoni, 1988). O que surpreende, no entanto, são as conclusões que podemos inferir para cada uma das interrogações com as quais abrimos este trabalho:

Em relação à interrogação (a), podemos afirmar que os três anos de Ensino Médio pouco mudaram as concepções alternativas dos estudantes. Estes continuam mantendo esquemas que “explicam” o mundo físico baseados na intuição e na fenomenologia de uma Física dissipativa, ou seja, de uma Física onde o atrito desempenha um papel decisivo e “falseia” os esquemas emersos dos trabalhos de Galileo e Newton (Albanese, Danhoni Neves & Vicentini, 1998). No geral, entre os estudantes de graduação, cerca de 70% de suas respostas se enquadram em esquemas de tipo alternativos. Portanto, à nossa primeira interrogação, podemos apontar uma obviedade já de há muito conhecida: a falência do ensino tradicional que insiste com métodos manualísticos, livrescos, memorizativos e matematizáveis para o ensino da Física. A história, a experimentação e a observação estão excluídas nesse tipo de ensino. Assim, os esquemas alternativos permanecem quase intocáveis ao longo dos três anos de Ensino Médio.

Esta última afirmação nos conduz à segunda interrogação: “(b) qual a distância entre os esquemas de concepções espontâneas presentes em alunos de início de um curso de graduação e aqueles dos alunos de pós-graduação?”. Analisando questão por questão, vemos que os alunos de pós-graduação acertam cerca de dez vezes mais a questão I (poço que perfura a Terra) que seus colegas de graduação. No entanto, esse universo não ultrapassa os 40% de “acerto”. Nas questões II (tiro de canhão) e III (mão que lança a pedra), os acertos ultrapassam, respectivamente, a faixa dos 70 e 80%. A questão IV (balão no fundo do mar) constitui-se uma anomalia, já que o percentual de “acerto” foi maior para os alunos de graduação (cerca de 3,5 vezes maior que os de pós-graduação). A dimensão da amostra parece não justificar tal discrepância ... Em relação à questão V (astronauta no interior de nave

espacial), as duas amostras apresentam, basicamente, os mesmos resultados: mais de 90% de respostas do tipo alternativo (“ausência de gravidade”). A questão VI, há também um “empate técnico”, de cerca de 47% de respostas do tipo alternativo (“havendo vácuo, a pedra não pesa”).

Assim, diante de tais resultados, podemos afirmar que existe SIM uma distância entre os esquemas dos alunos de graduação e aqueles de pós-graduação. No entanto, essa distância é menor do que a que gostaríamos de encontrar, ou seja, nos defrontamos com alunos de Mestrado (formados, em sua maioria, em cursos de graduação de Física) que continuam mantendo níveis preocupantes de esquemas alternativos. Isto vem mostrar que o Ensino Superior recapitula em grande parte a mesma metodologia daquela do Ensino Médio: memorização, matematização, a-historicidade, exclusão do conhecimento, e nenhuma situação de conflitos cognitivos e epistemológicos; é o velho ensino manualístico (com exercícios padrões a serem resolvidos) em grande estilo!

Em relação à interrogação (c), existe a propalada crença de que a privatização do Ensino Médio garante melhor qualidade de educação, preparando melhor o candidato à uma vaga para o Ensino Superior. Em nossa amostragem, 65% dos alunos pesquisados (da graduação) provinham de escolas privadas e, no entanto, os padrões de respostas diferiram pouco daqueles padrões apresentados por alunos que provinham de escolas públicas. Chega-se, pois, à conclusão de que a rede privada prepara o aluno somente para um exame-padrão, o Vestibular. As concepções alternativas de mundo ficam intocadas, irmanadas com seus congêneres da escola pública. Temos, assim, uma “democracia” de esquemas, que, de forma alguma passa pelo esquema piramidal de classes sociais que assola este nosso injusto e desigual país.

Escolas públicas e privadas, graças à roda-vida de nossas graduações deformantes, continuam reproduzindo e clonando realidades neo-positivistas, onde o ser do homem desaparece e seus esquemas alternativos exilam-se em recônditos e obscuros becos da pseudo-cognição.

Conclusão

Das interrogações que guiaram a pequena digressão que fizemos até aqui, restou-nos a última: “(d) qual o papel da história da ciência no ensino de Física?”

No universo das grandes obviedades que assolam a educação brasileira, uma resposta imediata a essa interrogação seria [no contexto atual]: “nenhum papel”. Para avaliar esse “não-papel”, realizamos, junto a 15 alunos do quarto e último ano do curso de Bacharelado em Física, uma pequena enquete sobre conhecimentos gerais a respeito da História e da História da Ciência. A enquete consistiu de quatro questões abertas:

- 1) Desenhe um mapa-mundi e localize: a) Roma, b) Grécia, c) Oriente Médio, d) Egito, e) China, f) Civilizações Inca e Azteca.
- 2) Defina o termo “Idade Média”.
- 3) Descreva sucintamente os seguintes personagens: a) Aristóteles, b) Ptolomeo, c) Huygens, d) Buridan, e) Averroes, f) Newton, g) Hubble.
- 4) Defina os seguintes termos: a) força, b) momento, c) inércia, d) energia, e) antiperistasis, f) gravidade.

Os resultados foram:

- Respostas consideradas erradas na questão (1): a) *Roma* (14,3 %), b) *Grécia* (38,5%), c) *Oriente Médio* (28,6%), d) *Egito* (21,4%), e) *China* (30,8%), f) *Civilização Inca* (7,7%) e *Civilização Azteca* (69,2%).
- Questão (2): “não sabe” (35,7%), “respostas erradas e/ou ambíguas” (21,4%), “correto, mas mal definido” (14,3%), “correto” (28,6%).
- Respostas da questão (3): a) *Aristóteles* (erradas=46,2%; ambíguas=46,2%; corretas=13,6%); b) *Ptolomeo* (erradas=61,5%; ambíguas=38,5%; corretas=0,0%); c) *Huygens* (erradas=76,9%; ambíguas=15,4%; corretas=7,7%); d) *Buridan* (erradas=100%); e) *Averroes* (erradas=100%); f) *Newton* (erradas=23,1%; ambíguas=38,0%, corretas=38,9%); g) *Hubble* (erradas=84,6%; ambíguas=7,7%; corretas=7,7%).
- Respostas da questão (4): a) *força* (erradas=42,9%; ambíguas=35,7%; corretas=21,4%); b) *momento* (erradas=71,4%; ambíguas=14,3%; corretas=14,3%); c) *inércia* (erradas=50,0%, ambíguas=21,4%; corretas=28,6%); d) *energia* (erradas=64,3%; ambíguas=28,6%, corretas=7,1%); e) *antiperistasis* (erradas=100%); f) *gravidade* (erradas=57,1%; ambíguas=35,7%; corretas=7,2%).

Os resultados podem parecer desalentadores (*como realmente são ...*), mas eles são flagrantes em sua denúncia: praticamente inexistente cultura em nossa educação e, quase, com toda certeza, não existe cultura científica na formação cognitiva de nosso aluno. Se nossos alunos (especialmente os formandos em Física) desconhecem conceitos, períodos e personagens que definiram os grandes paradigmas da ciência antiga e contemporânea, não é de se espantar porque poucas mudanças conceituais ocorreram no lapso de toda formação graduada até os anos iniciais da pós-graduação. Não é de se espantar, pois, porque quase nenhum conhecimento é construído. Culpa do aluno? Mais uma interrogação de resposta óbvia: *Não!*

Nosso sistema educacional é montado para formar repetidores de uma ciência que se indexa como uma cultura amorfa. Nossa política científica está mais preocupada com discursos alienantes de formação de pouquíssimos “centros de excelência” do que com nossos “guetos deformativos” da ciência e da cultura. A História da Ciência não é nenhuma vacina contra as mazelas da deseducação, mas é um meio para que a ciência se faça cultura. O mesmo discurso vale para os aspectos da educação não-formal. São tijolos nesse grande edifício da formação da cultura, e, como todos os tijolos, são importantes.

Temos trabalhado nos últimos anos com poucos recursos destinados à educação científica. No entanto, no âmbito dos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa em Ensino de Física da Universidade Estadual de Maringá, temos produzido vídeos, CD-ROM's (Danhoni Neves & Savi, 1998, 1999), mostras interativas de Ciência (CIC-LCV), livros, experimentos inovadores e contextualizados historicamente, e formado grupos tutoriais (PET-DFI) para uma sensibilidade maior com a educação eclética e com a formação cultural e social do cientista. Ações semelhantes a essa têm caracterizado a luta da área de Pesquisa em Ensino de Física em todo o país. Somos um pequeno exército de Brancaleone, mas com capacidade de fazermos nossa Termópilas e, sobretudo, uma cultura da ciência voltada para a cognição e, sobretudo, para o resgate da cidadania.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos que nos ajudaram na presente pesquisa, especialmente ao grupo de Ensino de Física da Universidade Estadual de Maringá, nas pessoas das professoras Dra. Polônia Altoé Fusinato e MSc. Alice S. Iramina. Gostaríamos de agradecer ainda aos alunos do Programa PET-DFI e à CAPES pelos recursos financeiros nos últimos anos.

Bibliografia

ALBANESE, A., DANHONI NEVES, M.C. & VICENTINI, M. Students' Conceptions on Equilibrium, Friction and Dissipation, *Acta Scientiarum*, 21(4), 1998.

DANHONI NEVES, M.C. A História da Ciência no Ensino de Física, *Ciência e Educação*, 5(1), 73-81, 1998.

DANHONI NEVES, M.C., SAVI, A.A. et al, O Pêndulo e sua História, *Science & Technology Magazine*, 2, 1998.

DANHONI NEVES, M.C., SAVI, A.A. et al, *Uma História para a Noção do Conceito de Força*, comunicação no "V Congresso Latino-Americano de História da Ciência e da Tecnologia", Rio de Janeiro, 1998.

DANHONI NEVES, M.C. *Memórias do Invisível: Uma Reflexão sobre a História da Ciência no Ensino de Física e a Ética da Ciência*, LCV/Bom Livro, Maringá, 1999.

VICENTINI-MISSONI, M. *Conoscenze Scientifica e Conoscenza Comune*. In: VICENTINI-MISSONI et al, *Conoscenza Scientifica e Insegnamento*. Roma: Loescher, 1988.