

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Marcos Cesar Danhoni Neves*

Resumo: Neste artigo procura-se mostrar a necessidade de um ensino de física contextualizado em sua história, frisando a sua não linearidade e as diferentes leituras que dela podemos ter. Diferentes aspectos da história da ciência e de sua aplicabilidade em sala de aula são apresentados, na forma de exemplos concretos possíveis para um ensino não-formal. Alguns resultados de pesquisas em conceituação espontânea a partir de situações específicas (especialmente sobre a Terra e sua posição no universo), são apresentados num contexto de possíveis mudanças conceituais e planejamentos de atividades em sala de aula. O uso da história da ciência e, em especial, da cosmologia, é abordado como possibilidade de definir rumos para a pesquisa básica e para mudar paradigmas vigentes.

Unitermos: História da Ciência, Ensino de Física, Ensino Não-Formal.

Abstract: In this article is posed the importance of a physics teaching contextualized in its history, with special attention to its non-linearity and possible different readings. Several aspects of the history of science and its applicability is presented, as possible examples of a non-formal teaching. Some results of researches in spontaneous reasoning, using specific situations (specially on Earth and its place in the universe), is used in a context of possible conceptual changes and for planning classrooms activities. The use of the history of science and, specially, the cosmology, is discussed as a possibility to define new ways for fundamental researches and to change scientific paradigms.

Keywords: History of Science, Physics Teaching, Non-Formal Teaching

INTRODUÇÃO: A CRÍTICA DE VESALIO

Uma passagem do *De corporis humani fabrica*, de Andrea Vesalio (Rossi, 1989), escrito em 1543, mostra o grau de separação a que haviam chegado a ciência e a técnica na primeira metade do século XVI. A passagem diz:

“Depois das invasões bárbaras, todas as ciências, que antes haviam gloriosamente florescido e sido praticadas a rigor, arruinaram-se. Naquele tempo, e antes de mais nada na Itália, os doutores da moda, imitando os antigos romanos, começaram a desprezar a obra da mão. Confiavam aos escravos os cuidados manuais que julgavam necessários a seus pacientes e pessoalmente limitavam-se a supervisionar. [...] O sistema para cozinhar e preparar os alimentos para os doentes foi deixado aos enfermeiros, a dosagem dos remédios aos farmacêuticos, as operações manuais aos barbeiros. Assim, com o passar do tempo [...] certos doutores, proclamando-se médicos arrogaram-se pessoalmente a prescrição dos remédios e dietas para obscuras doenças, e abandonaram o resto da medicina aos que chamavam de cirurgiões e consideravam apenas escravos. Infelizmente, dessa forma, afastaram de si o ramo mais importante e mais antigo da arte médica, aquele que (admitindo-se que realmente exista um outro) se baseia sobretudo na investigação da natureza. [...] Quando todo o procedimento da operação manual foi confiado aos barbeiros, os doutores não só perderam rapidamente o verdadeiro conhecimento das vísceras, como também rapidamente terminou a prática anatômica. Isso, sem dúvida, decorreu do fato de que os doutores não se arriscavam a operar, ao passo que

* Professor Adjunto Doutor do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá (e-mail: macedane@fisica.dfi.uem.br)

aqueles a quem era confiado tal encargo eram ignorantes demais para ler os escritos dos mestres de anatomia. [...] Assim aconteceu que essa deplorável divisão da arte médica introduziu em nossas escolas o odioso sistema ora em voga, com o qual alguém realiza a dissecação do corpo humano e outro descreve suas partes. este último está encarapitado num alto púlpito como uma gralha e, com modos muito desdenhosos, repete até à monotonia notícias sobre fatos que ele não observou diretamente, mas decorou dos livros de outros ou dos quais tem uma descrição diante dos olhos. O dissecador, ignorando a arte do falar, não está à altura de explicar a demonstração que deveria se seguir às explicações do médico, enquanto o médico nunca põe as mãos ao trabalho, mas dirige desdenhosamente a nau com a ajuda do manual, e fala. Assim, cada coisa é mal ensinada, perdem-se os dias com questões absurdas e ensina-se confusamente aos estudantes menos do que um açougueiro, do seu balcão, poderia ensinar ao doutor.”

Pode-se afirmar que, baseado neste “desabafo” de Vesalio, se demarcavam em sua época territórios não de *competências*, mas de *ignorâncias*, onde a divisão do saber ou dos saberes haviam conduzido a ciência e a técnica ao desastre quase absoluto. Passar-se-ia ainda um século para que a ‘revolução’, iniciada por Copérnico, desembocasse num Renascimento das idéias e numa busca do matrimônio entre a ciência e a técnica.

Esta mudança, obviamente não se deu da noite para o dia, como bem demonstra, por exemplo, a ciência da termodinâmica. Suas máquinas nasceram e foram aperfeiçoadas muito antes de uma teoria satisfatória do calor e da energia. No entanto, construiu-se um conhecimento interdisciplinar das ciências, produzindo incontáveis conquistas tecnológicas, humanas e econômicas que transformaram para sempre a face do planeta.

Porém, o que vemos presente hoje na sala de aula, seja ela do ensino fundamental, médio ou superior, é uma atmosfera *à la crítica vesaliana*, onde a divisão dos saberes é novamente fomentada e as ignorâncias passam a indexar as competências. Aliado a este fato, onde somente o conteúdo está implicado, nota-se um empobrecimento da linguagem da ciência.

Neste empobrecer, situações e equações padronizadas passam a não traduzir aquilo que definimos como realidade (ou que *interpretamos como realidade*), esquematizando excessivamente as ciências, que, postas em compartimentos estanques, passam a adquirir, ares de (pseudo)eclétismo e (pseudo)sabedoria, embasadas em discursos de “doutos” encarapitados em altos púlpitos e discursando como galhas, para ficarmos consonantes com aquilo que escreveu Andrea Vesalio.

Podemos notar esta divisão odiosa de saberes na construção dos currículos escolares. Por melhores que sejam, embasados em teorias educacionais progressistas, a visão cartesiana imperante, que vê o ensino como um somatório discretizado de objetivos (docentes, discentes, condições e jornadas de trabalho, etc.), aniquila a possibilidade de construção do conhecimento. O que temos visto nas últimas décadas é a ciência sendo *apreendida* como um *dado* e não como uma possibilidade de construção e integração com as demais ciências e com as necessidades diárias do cidadão comum. Assim, currículos progressistas, órfãos de mudanças político-econômicas também necessárias assim como o aval de uma comunidade científica desinteressada pelos problemas da educação, acabam sendo relidos, quando muito, sob a ótica de uma *ciência como descoberta*, onde reduzimos sua essência quase à crença religiosa, no sentido de uma verdade absoluta, imutável.

Um dos aspectos deste problema é, portanto, aquele de não se integrar ações para

um ensino e, especialmente, um ensino de ciências, que habilite competências em seu período de formação aliado a um fomento de ações de flexibilização de currículos dos cursos formadores de professores.

A CRÍTICA DE FEYERABEND E KUHN

Feyerabend, com seu característico anarquismo científico (Danhoni Neves, 1996a), tão criticado pela comunidade científica que se nega a um olhar crítico para dentro de si própria e de suas ações, desferiu um duro ataque à Física:

“(essa estagnação [a da Física] liga-se ao fato de que a Física está se transformando de ciência em negócio e de que os físicos mais jovens deixaram de usar a História e a Filosofia como instrumento de pesquisa).” (Feyerabend, 1985, p.97).

Alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha mais à religião, ligando paradigmas a dogmas, e sociedades científicas a seitas. Sobre isto Feyerabend escreve:

“A sociedade moderna é ‘copernicana’, mas não porque a doutrina de Copérnico haja sido posta em causa, submetida a um debate democrático e então aprovada por maioria simples; é ‘copernicana’ porque os cientistas são copernicanos e porque lhes aceitamos a cosmologia tão arcaicamente quanto, no passado, se aceitou a cosmologia de bispos e cardeais.” (Feyerabend, 1985, p.456).

À educação científica nas escolas de todos os graus, inclusive e, talvez, principalmente, naquelas formadoras de pesquisadores, é aplicada uma “metodologia” bastante eficaz para uma ciência pós-copernicana, dogmática em sua pseudo-essência: um esquecimento completo das origens da ciência, de sua história, de suas inúmeras possibilidades, de seus erros e de suas contingências. Kuhn, a respeito disso, escreve:

“As coleções de ‘textos originais’ têm um papel limitado na educação científica. Igualmente, o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos de história do seu campo - obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizadas que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu. Whitehead apreendeu esse aspecto bastante específico das ciências quando escreveu algures: ‘uma ciência que hesita em esquecer os seus fundamentos está perdida’.” (Kuhn, 1974, p.49).

Na próxima seção, para iniciarmos uma abordagem de como a história da ciência pode subsidiar não só o ensino em si, mas a pesquisa sobre conceituação espontânea e sobre os próprios rumos das pesquisas científicas atuais, introduziremos uma seção sobre um interessante paralelismo entre Dante Alighieri e Galileu Galilei.

III. DANTE E GALILEU DESCEM AO INFERNO DA FÍSICA

Dante Alighieri, no século XIII, em sua consagrada *Divina Comédia* (Alighieri, 1991), no último Canto do *Inferno*, Canto XXXIV, narra o que acontece a ele e a Virgílio ao chegar ao centro da terra, pelo túnel que ambos haviam descido nas profundezas do reino do Anjo caído. Escreve Dante:

“Os dois poetas, descendo pelos cabelos do corpo hirsuto e desmesurado do Anjo rebelde, passam o centro da terra; e saem, no outro hemisfério, por uma galeria longa e escura, outra vez sob o céu polvilhado de estrelas.

“73 Ao ventre hirsuto o mestre, lestamente,
prende-se, e pelos fios foi descendo
entre o grão corpo e a cava aberta rente.

“76 À altura já da coxa nos sustendo,
onde esta no quadril faz inserção,
Virgílio, exausto, e como que tremendo,

“79 mudou, num giro inteiro, a posição,
pondo onde estava o pé a face alçada,
como a subir, do inferno à direção

(...)

“88 Estendi para trás o olhar tremente,
Lúcifer crendo ver como deixado,
mas enxerguei-o posto inversamente.

(...)

“103 Aonde o gelo? E Dite se invertendo,
por que razão? Por que, tão brevemente,
vai o sol de manhã aparecendo?

“106 “Imaginas”, tornou-se, “certamente,
na parte estar na qual eu deslizei
pelo grão verme lá do centro assente;

“109 de fato estavas, quando escorreguei,
mas passaste comigo o ponto dado
para onde os pesos vão, mal eu girei.

“110 Ao hemisfério foste trasladado
oposto ao que da seca recobre,
sob o ápice em que foi sacrificado

“115 o justo que viveu sem mancha, e pobre:
mantemo-nos, assim, sobre uma esfera,
que é reversa à Judeca, e inteira a cobre.

“118 Aqui é dia, lá a noite espera:
Dite, que há pouco a escada nos cedeu,
mostra-se aí embaixo tal qual era.

“121 Quando, punido, desabou do céu,
a terra que secava ali, outrora,
adentrou, de pavor, do mar o véu,

“124 e foi sair no outro hemisfério fora;
fez lá o poço, e aqui, então, formado,
o monte alçou, que vamos ver agora.”

(...)

“136 Íamos, eu atrás, ele adiante,
quando, por uma fresta, as coisas belas
nos sorriam, do espaço deslumbrante:

“139 E ao brilho caminhamos das estrelas.”

Da leitura difícil destes versos, podemos resumir em linguagem moderna [Vicentini-Missoni, 1988] a visão de Dante e Virgílio: Lúcifer ou Dite, era um monstro gigantesco, habitando inversamente seu universo, ou seja, de cabeça para baixo, talvez, como diz o verso 121, devido ao fato de Lúcifer ter sido arremessado fora do céu. Onde caiu e com o impacto, a terra aprofundou-se formando o infernal poço que Dante e Virgílio percorreram. No verso 79, o centro da terra localizava-se logo abaixo do quadril onde se prendia a coxa de Lúcifer. Dante e Virgílio para sair do Inferno deveriam, portanto passar a outro hemisfério. Assim, eles giram e ficam numa posição inversa a que estavam antes. A descida, então, se transforma em subida. O verso 113 (“*oposto ao que da seca se recobre*”) confirma esta interpretação, uma vez que Dante refere-se à parte seca como a massa de continentes (hemisfério boreal) e o seu oposto, onde há quase só água (estamos em fins do século XIII, cerca de duzentos anos antes de Colombo e Cabral), o hemisfério austral (sul). O último verso é o capítulo final da aventura dos dois literatos nas profundezas deste curioso e alegórico universo, eivado de uma interpretação histórica ímpar.

Voltando aos tempos atuais e mudando, somente aparentemente, de assunto, uma questão que tem sido muito utilizada por pesquisadores em ensino de física para questões que envolvem noções de gravidade e da terra e sua posição no espaço (Albanese, Danhoni Neves & Vicentini, 1997), é aquela proposta por Galileu (século XVII), ao colocar na boca de seus três protagonistas, Simplicio, Sagredo e Salviati, o problema do que aconteceria se uma bala de artilharia fosse deixada cair num poço que atravessasse toda a terra. Galileu expõe assim o seu problema:

“SIMP. No movimento em direção ao centro das coisas graves, isto é, ao centro do universo e da Terra, onde, não impedidas, [aquelas] se conduziriam.

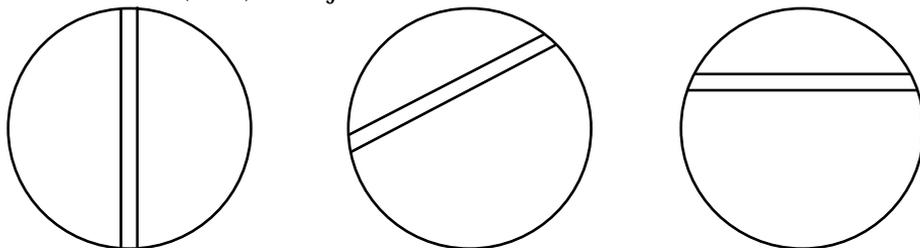
“SALV. Tal que, quando o globo terrestre fosse perfurado por um poço que passasse pelo centro deste, uma bala de artilharia deixada cair através deste, movida pelo princípio natural e intrínseco, se conduziria ao centro; e todo este movimento ela faria espontaneamente e por princípio intrínseco: não é assim?

“SIMP. Assim acredito eu.

“SALV. Mas chegada ao centro, acreditarás que ela passará além [do centro], ou, ao contrário, cessará aí seu movimento?”

“SIMP. Acredito que ela continuaria a mover-se por um longuíssimo espaço.”

Não é possível afirmar com certeza, mas Galileu parece retomar a questão literária de seu antecessor Dante Alighieri. Aqui, vemos que a noção de conservação da energia mecânica, ainda incipiente, começa a tomar forma no discurso dessa nova física que rompe com seu passado aristotélico e medieval. Nas pesquisas em ensino de física sobre conceituação espontânea e esquemas alternativos de explicação de fenômenos (introduzindo a questão com poços “verticais”, “diagonais” e “paralelos” ao centro - ver figuras), com estudantes de segundo grau e universitários, as respostas que emergem (Danhoni Neves, 1996b), em peso, são aquelas (pela ordem): a bala de artilharia imobiliza-se no centro da terra; atravessa-o um pouco; chega do outro lado e ali para; perde-se no espaço ao sair pela outra extremidade. Pouquíssimos são aqueles que respondem (mesmo passando por um curso básico de física, seja no segundo grau, seja na Universidade) que o movimento é aquele de vai-e-vem, como um oscilador harmônico (mola), ou seja, ora subida, ora descida.



Figuras: poços perfurados na terra

Seria bastante cômodo afirmar que os estudantes não conseguiram assimilar, ao longo de anos de estudo, um esquema galileiano-newtoniano para o estudo da fenomenologia física. No entanto, a persistência destes esquemas alternativos, em conflito com a ciência estabelecida, mostra o distanciamento dessa mesma ciência com um compromisso de construção do conhecimento. Insistindo em uma ciência dogmatizada, sem contexto, a-histórica e individualizada, o conhecimento tende a manter inalterada suas estruturas em esquemas alternativos que respondem melhor à cotidianidade do mundo.

A questão do poço na terra é um exemplo entre milhares de outros que caracterizam a pesquisa em conceituação espontânea e esquemas alternativo. No entanto, após tantos diagnósticos, a escola formadora encontra-se despreparada para lidar com uma educação incluyente, no sentido de construir currículos multidisciplinares numa trama bem urdida entre história da ciência, processos de ensino-aprendizagem, epistemologia. As críticas de Vesalio, Kuhn e Feyerabend continuam tão atuais como quando foram formuladas.

CONCLUSÃO

A ciência tem descido continuamente o poço infernal de Dante sem, no

entanto, conseguir sair dele. Enveredamos por um labirinto muito intrincado. A desorientação é certa, porém, não se justifica. Por um labirinto sempre podemos enveredar sob o “Palácio de Knossos”, adentrando-o com o fio salvador de Ariadne, que orientou Teseu em sua luta contra o Minotauro (Souli, 1995).

Os Minotauros e os Dites da ciência são incorporados pelos dogmas e/ou paradigmas. Mesmo epistemólogos e historiadores da ciência, em suas críticas aos rumos da ciência, superestimam a função dos paradigmas. Um exemplo é Hanson (citado por Macciò, 1994). Escreve ele:

“Consideremos Kepler: imaginemos que ele se encontre sobre uma colina e que observe o nascer do Sol em companhia de Tycho Brahe. Kepler considerava o Sol fixo: era a Terra a mover-se. Tycho Brahe, ao invés, seguia Ptolomeu e Aristóteles, ao menos com referência à opinião de que a Terra estivesse fixa no centro e de que todos os outros corpos celestes orbitassem em torno desta. Kepler e Tycho Brahe vêem a mesma coisa quando observam o nascer do Sol?

(...)

“[Tycho]verá o horizonte abaixar-se sob o Sol; esta mudança de perspectiva é determinado pela diferença entre aquilo que Tycho e Kepler pensam saber. [Pelo mesmo motivo, se dois astrônomos copernicanos vêem o mesmo fenômeno, isto é...] o Sol abaixar-se sobre o horizonte, é o mesmo saber que os fazem ver coisas idênticas.”

Segundo este trecho, Hanson acredita que o paradigma, com sua força absoluta, é capaz inclusive de mudar a percepção sensorial das pessoas. Acredito que isto seja um exagero sem precedentes. Que o paradigma mude a visão de mundo, é fato. Mas que oriente nossos sentidos já é demasiado.

Os paradigmas são capazes de falar sobre um mundo não visível, não experienciável. Mas são incapazes de mudar as constatações de nossos sentidos. Assim, a educação científica trata de propagar e imortalizar os paradigmas da ciência por processos de repetição, memória e esquematizações excessivas, através de uma linguagem matemática muitas vezes eclipsadoras do conjunto de fenômenos que deu origem a determinadas teorias e modelos.

Em pesquisa fundamental, constatamos, por exemplo, a quase certeza de que conhecemos com razoáveis detalhes, os instantes da criação do universo, na assim conhecida *teoria do Big Bang* (Grande Explosão). Outras teorias e/ou modelos, com uma interpretação diferente dos mesmos fenômenos observados (redshifts, radiação cósmica de fundo, etc.) e que estruturam uma visão de mundo radicalmente diferente daquela do Big Bang, qual seja, a de um universo infinito no espaço e no tempo (Danhoni Neves, 1996a; Mitchell, 1995), são relegadas à categoria de *caricaturas*. No entanto, olhar o passado e analisar o que ficou em aberto, e que visões alternativas de mundo existiam antes do paradigma, seria uma forma de repensar e reorientar a pesquisa básica, se não em sua estrutura, ao menos em seus métodos e possibilidades teóricas e/ou experimentais.

Indiferente aos paradigmas ou àquilo que diz Hanson, ao sairmos de nossas casas, continuamos a ver o sol, a lua, as estrelas e os planetas girando ao redor de uma terra fixa. Nada nos diz que isto não seja verdade. Relativizar movimentos (Danhoni Neves e Arguello, 1986; Danhoni Neves e Gardesani, 1998a) e encontrar argumentos para uma relatividade do espaço-tempo requer: gênese e construção de conceitos, experimentos, modelos, teorias. Exige, sobretudo, democracia de ações para que a ciência atual se alicerce sobre bases interpretativas e não sobre questões de fé.

Nesse sentido, estamos, desde 1991, numa proposta ainda tímida, produzindo vídeos e CD-ROM's (Laboratório de Criação Visual - Projeto SPEC-RENOP/CAPES e Programa PET-DFI/CAPES - ver Bernabé e Danhoni Neves, 1998; Danhoni Neves, 1998b,c,d) para o ensino básico e especializado, com tópicos específicos de história da ciência, contextualizando-a em um ambiente mais amplo, onde ciência, técnica, acertos e erros constituam o fenômeno físico que se quer estudar, não exilando-o na mera repetição, memória seletiva e a-histórica.

Referências Bibliográficas

- ALBANESE, A., DANHONI NEVES, M.C. and VICENTINI, M., Models in science and in education: a critical review of research on students' ideas about the earth and its place in the universe, Netherlands, *Science & Education* 6: 573-590, 1997.
- ALIGHIERI, D., *A divina comédia*, tradução, introdução e notas de Cristiano MARTINS, v.1, 7ª ed., Belo Horizonte: Villa Rica Editoras Reunidas, 1991, p. 402-411.
- BERNABÈ, H.S: e DANHONI NEVES, M.C., *Uma Introdução a Ótica de Fourier*, CD- ROM e vídeo produzido no Laboratório de Criação Visual, DFI-UEM, Maringá, 1998.
- DANHONI NEVES, M.C. e ARGUELLO, C.A., *Astronomia de régua e compasso: de Kepler a Ptolomeu*, Campinas: Papirus, 1986.
- DANHONI NEVES, M.C., Edwin Hubble: eternidade e efemeridade, finito e infinito na história do universo, Maringá, Eduem, *Apontamentos* 41: 01-17, 1996a.
- _____, *La terra e il suo posto nel universo*, seminario presentato al CARFSI dell'Istituto di Psicologia dell'Università "La Sapienza" di Roma, Italia, 1996b.
- _____ e GARDESANI, L.R., *O mago que veio do céu*, Maringá: Eduem, 1998a.
- _____ et al, *O aparelho de Morin revisitado*, CD-ROM e vídeo produzido no Laboratório de Criação Visual, DFI-UEM, Maringá, 1998b.
- _____ et al, *Leonardo: il genio in officina*, CD-ROM e vídeo

produzido no Laboratório de Criação Visual, DFI-UEM, Maringá, e no Laboratorio di Didattica delle Scienze, Univeristà “La Sapienza” di Roma, Itália, 1998c.

_____ et al, “*O pêndulo e sua história*”, CD-ROM e vídeo produzido no Laboratório de Criação Visual, DFI-UEM, Maringá, editado pela revista eletrônica “Science and Technology Magazine”, Campinas, 1998d.

FEYERABEND, P., *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985.

GALILEI, G., *Dialoghi sopra i due massimi sistemi di mondo*, Opere, Roma, 1933.

KUHN, T.S., *A função do dogma na investigação científica*. In: DEUS, J.D., *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro, Zahar, 1974, p. 49.

MACCIÒ, M., *Contro lo scetticismo dogmatico*, Genova, Il Gioco 1, 17-25, 1994.

MITCHELL, W.C., *The cult of the Big Bang: was there a Bang?*, Michigan, Cosmic Sense Books, 1995.

SOULI, S., *Mitologia Greca*, Toubi, Atene, 1995, p. 88.

VESALIO, A., *De corporis humani fabrica*, 1543. In: ROSSI, P., *Os Filósofos e as Máquinas*. São Paulo: Cia. das Letras, 1989, p.25-26.

VICENTINI-MISSONI, M., *Conoscenza scientifica e conoscenza comune*. In:

VICENTINI-MISSONI et al, *Conoscenza scientifica e insegnamento*. Roma: Loescher, 1988.