

O sentido formativo da física

João Zanetic/**Instituto de Física/USP**

"Eu sustento que a única finalidade da ciência está em aliviar a canseira da existência humana. E se os cientistas, intimidados pela prepotência dos poderosos, acham que basta amontoar saber, por amor do saber, a ciência pode ser transformada em aleijão, e as suas novas máquinas serão novas aflições, nada mais."

Bertolt Brecht (1991, p. 165)

Quando se fala em cultura, raramente a física comparece na argumentação. Cultura é quase sempre evocação de obra literária, sinfonia ou pintura; cultura erudita, enfim. Tal cultura, internacional ou nacional, traz à mente um quadro de Picasso ou de Tarsila, uma sinfonia de Beethoven ou de Villa Lobos, um romance de Dostoiévski ou de Machado de Assis, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell!

(Zanetic (2005, p.21)

1. Introdução

- A **física** ajuda um indivíduo a construir um **diálogo inteligente com o mundo**.
- Amplia as chances de se ter uma vida mais feliz.
- **Paulo Freire** sempre destacava a importância da leitura para completar **a leitura do mundo**.
- Para ele a educação se iniciava com a **palavra geradora**.
- Esse diálogo depende de diferentes **linguagens**.
- O termo **linguagem** não deve nos levar à conclusão de que um **analfabeto** não possua linguagem nem cultura.

A formação cultural de qualquer pessoa ficará enriquecida se o ensino da física levar em consideração elementos:

- da sua conceituação teórica;
- de observação e experimentação;
- da história da física (internalista e externalista);
- da filosofia da ciência;
- dos estudos sociais da ciência;
- do relacionamento da física com outras áreas do conhecimento.

Creio que isso só será viável, nas escolas públicas, com:

- mais aulas de física;
- escolas com laboratórios e bibliotecas;
- projeto político pedagógico construído na escola;
- formação inicial e continuada dos professores com qualidade;
- menos alunos em sala de aula;
- melhores salários aos educadores; etc.

2. Qual história?

Opto por aquela história que contemple:

1. a evolução conceitual da física;
2. a evolução metodológica da ciência;
3. a relação da física com outras áreas do conhecimento e com a sociedade de uma maneira geral, enfim a ciência inserida no processo histórico.

Eis o que dizia um de nossos mais importantes físicos, o saudoso Mário Schenberg (1914-1990):

"A História da Ciência é mais fascinante que um romance policial.(...)"

O estudo da História da Ciência é muito importante, sobretudo para os jovens. Acho que os jovens deveriam ler História da Ciência porque freqüentemente o ensino universitário é extremamente dogmático, não mostrando como ela nasceu. Por exemplo, um estudante pode facilmente imaginar que o conceito de massa seja simples e intuitivo, o que não corresponde à verdade histórica."

(Schenberg, 1984, pág. 30)

Vou exemplificar a importância da história da ciência com uma citação e algumas questões:

"Logo, é claro que a doutrina tradicional acerca da gravidade está errada (...) A gravidade é a tendência corpórea mútua entre corpos (...) materiais para a unidade ou contacto de cuja espécie é também a força magnética, de modo que a Terra atrai uma pedra muito mais do que uma pedra atrai a Terra (...)

Supondo que a Terra estivesse no centro do mundo, os corpos pesados seriam atraídos, não por estar ela no centro, mas por ser um corpo (...) material. Segue-se que, independentemente de onde colocarmos a Terra (...) os corpos pesados hão de procurá-la sempre (...)

Se duas pedras fossem colocadas em qualquer lugar do espaço, uma perto da outra, e fora do alcance da força de um terceiro corpo cognato, unir-se-iam, à maneira dos corpos magnéticos, num ponto intermediário, aproximando-se cada uma da outra em proporção à massa da outra.

Se a Terra e a Lua não estivessem mantidas nas respectivas órbitas por uma força espiritual ou qualquer outra força equivalente, a Terra subiria em direção à Lua um cinqüenta e quatro avos da distância, cabendo à Lua descer as restantes cinqüenta e três partes do intervalo, e assim se uniriam.

Se a Terra cessasse de atrair as águas do mar, os mares se ergueriam e iriam ter à Lua.”

As questões:

Quem é o autor dessa citação?

Seria Nicolau Copérnico (1473-1543)?

Poderia ser Galileu Galilei (1564-1642)?

Seria Johannes Kepler (1571-1630), então?

Não seria René Descartes (1596-1650)?

Não poderia ser Isaac Newton (1642-1727)?

O autor é Kepler (1961a, p. 231/232) em sua obra *Astronomia Nova*, publicada em 1609.

3. Qual filosofia?

Sugiro a filosofia da ciência contemporânea, principalmente aquela baseada fortemente na história, que apresenta elementos de análise que enriquecem nossa visão da ciência como instrumento de “diálogo com a natureza”.

E aqui poderíamos indicar os nomes de Bachelard (obstáculo epistemológico/ruptura), Thomas Kuhn (ciência normal/crise/revolução científica), Feyerabend (proliferação de teorias e métodos), entre outros.

Vou exemplificar com uma breve citação de Albert Einstein (1879-1955):

As relações entre os conceitos e as proposições são de natureza lógica e o processo do pensamento lógico é estritamente limitado à efetivação da conexão entre os conceitos e as proposições entre si, de acordo com as regras firmemente estabelecidas, que constituem a matéria da lógica. Os conceitos e proposições adquirem ‘sentido’ ou ‘conteúdo’ apenas através das suas conexões com as experiências sensoriais. A conexão destas últimas com os primeiros é puramente intuitiva, e não de natureza lógica em si mesma. O grau de certeza com o qual essa conexão ou ligação intuitiva pode ser admitida é a única diferença entre a fantasia desprovida de conteúdo e a ‘verdade científica’.

(Einstein, 1982, pág. 21)

- Em 1962, **Thomas S. Kuhn** (1922-1997), no livro “*A estrutura das revoluções científicas*”, apresentava uma proposta de desenvolvimento do conhecimento científico:
- fase **pré-paradigmática**: cientistas propõem diferentes teorias para um mesmo conjunto de fenômenos;
- fase da **ciência normal**: comunidade científica escolhe uma dessas teorias como **paradigma** que vai ditar as regras;
- um problema não entendido motiva a **crise paradigmática**;
- a solução da **crise** gera um **novo paradigma** que a resolve: processo em que mudam conceitos, métodos e aplicações;
- algo do **pensamento dialético**: de tanto afirmar a ciência normal o cientista provoca sua negação;
- nesse contexto se originam os elementos constitutivos da **revolução científica**, onde o termo **revolução** mereceu uma atenção especial por parte de Kuhn no seu livro:

As revoluções políticas iniciam-se com um sentimento crescente, com frequência restrito a um segmento da comunidade política, de que as instituições existentes deixaram de responder adequadamente aos problemas propostos por um meio que ajudaram em parte a criar.

De forma muito semelhante, as revoluções científicas iniciam-se com um sentimento crescente, também seguidamente restrito a uma pequena subdivisão da comunidade científica, de que o paradigma existente deixou de funcionar adequadamente na exploração de um aspecto da natureza, cuja exploração fora anteriormente dirigida pelo paradigma. Tanto no desenvolvimento político como no científico, o sentimento de funcionamento defeituoso, que pode levar à crise, é um pré-requisito para a revolução (...).

(...) o estudo histórico da mudança de paradigma revela características muito semelhantes a essas, ao longo da evolução da ciência. Tal como a escolha entre duas instituições políticas em competição, a escolha entre paradigmas em competição demonstra ser uma escolha entre modos incompatíveis de vida comunitária.”

(Kuhn, 1975, págs. 126/127)

Um poema de **Robert Desnos** (1900-1945), poeta surrealista

*Um dia o jovem capitão Jonathan,
ele tinha dezoito anos nessa época,
capturou um pelicano
numa ilha do extremo oriente.
Na manhã seguinte,
este pelicano,
de Jonathan,
botou um ovo branco
e dele apareceu
um pelicano
surpreendentemente igual ao primeiro.
E este segundo pelicano
botou por seu turno
um ovo branco,
do qual surgiu inevitavelmente
um outro
o qual fez a mesma coisa de novo.
Esta espécie de coisa pode continuar
por um tempo muito longo,
se você não fizer uma omelete.*

4. A ponte entre física e literatura

- Como levar para a sala de aula atividades interdisciplinares?
- Frase de um colega: “*Você quer unir duas coisas que os alunos detestam: ciência e literatura!*”
- Não podemos esquecer as diferenças individuais entre nossos alunos.
- A física também é cultura!
- Exploro algumas relações entre ciência e literatura.

Dois tipos de autores de textos literários

- Que literatura utilizar em aulas de física?
- Tenho em mente duas famílias de escritores:
- 1. escritores da literatura universal que em suas obras utilizam conceitos e métodos das ciências, os **escritores com veia científica** (Edgar A. Poe, F. Dostoiévsky, H. G. Wells, T. Mann, M. Lobato, B. Brecht, A. dos Anjos, M. de Assis, P. Levi, E. Canetti, J. L. Borges, por exemplo);
- 2. cientistas que escreveram obras científicas com forte sabor literário, os **cientistas com veia literária** (G. Bruno, J. Kepler, Galileu Galilei, I. Newton, C. Darwin, L. Boltzmann, A. Einstein, L. Landau, N. Bohr, G. Gamow, entre outros).

Kepler (1571-1630), um cientista com veia literária. “O choque inicial de aceleração é o pior, pois o viajante é atirado para cima como numa explosão de pólvora (...) Deve, portanto, ser entorpecido por narcóticos, tendo os membros cuidadosamente protegidos para não serem arrancados e para que o recuo se distribua por todas as partes do corpo. Encontrará, então, novas dificuldades, um frio imenso e uma respiração inibida (...) Quando a primeira parte da viagem estiver terminada, será mais fácil, porque em jornada tão longa o corpo escapa indubitavelmente à força magnética da terra e penetra na da Lua, de modo que esta vence. A essa altura, deixamos os viajantes livres e entregues aos seus próprios expedientes; como aranhas, esticar-se-ão e contrair-se-ão, e avançarão com as próprias forças, porque, visto que tanto a força magnética da terra como a da Lua atraem o corpo e o mantêm suspenso, o efeito é como se nenhuma delas o atraísse. No fim, a sua massa, por si própria, se voltará para a Lua.” (Kepler, 1961b, p. 289)

Edgar Allan Poe (19/01/1809-09/10/1849), um escritor com veia científica.

“O primeiro objetivo do autor é mostrar-nos, pela brevidade do intervalo entre o desaparecimento de Maria e o encontro do cadáver a flutuar, que tal cadáver não pode ser o de Maria. (...) a gravidade específica do corpo humano, em sua condição natural, é quase igual à massa de água doce que ele desloca. (...) É evidente, contudo, que as gravidades do corpo e da massa de água deslocada são muito delicadamente equilibradas, e que uma ninharia pode fazer com que uma delas predomine. Um braço, por exemplo, erguido fora d'água e assim privado de seu equivalente é um peso adicional suficiente para imergir toda a cabeça, ao passo que a ajuda casual do menor pedaço de madeira habilitar-nos-á a elevar a cabeça, para olhar em derredor.” (“*O mistério de Maria Roget*”, Poe, 1966, págs. 377 e 379)

Uma pequena homenagem a Edgar Allan Poe.

Cabem muitas homenagens a **Edgar Allan Poe** entre aqueles que se dedicam ao ensino de física, pelo menos devido ao fato dele ter escrito um importante ensaio (*Eureka*), em 1848, que traz a discussão metodológica e científica como personagens centrais.

Mas também porque, influenciado pela ciência do século XIX, explorou o conhecimento científico que adquirira em inúmeros contos e poesias.

Reproduzo a seguir um trecho do Eureka que comenta questões epistemológicas:

“Agora, garanto-lhe, da maneira mais positiva – continua a tardar o progresso da verdadeira Ciência, que realiza seus mais importantes avanços – como toda a História mostrará – por ‘saltos’, aparentemente intuitivos.

...

Não teria, especialmente, dado certo trabalho a esses fanáticos o determinar por qual de suas duas estradas foi atingida a mais importante e a mais sublime de todas as suas verdades – a verdade, o fato da *gravitação*?

Newton deduziu-o das leis de Kepler ... Sim, Kepler *adivinhou* essas leis vitais – isto é, *imaginou-as*. Se lhe tivessem pedido que indicasse por qual estrada, se a *dedutiva* ou a *indutiva*, as havia ele atingido, sua resposta deveria ter sido: “Nada sei a respeito de *estradas*, mas *conheço* o mecanismo do Universo. Aqui está ele. Apoderei-me dele com *minha alma*. Alcancei-o simplesmente por meio da *intuição*” ... Sim! Kepler era essencialmente um *teórico*...”

(Poe, 1966, p. 456-61)

Exemplifico a presença da física na arte de Brecht com um trecho da peça *Vida de Galileu*:

Andrea – “Ó manhã dos inícios!...

Ó sopro do vento

Que vem de terras novas!”

O senhor devia beber o seu leite, porque daqui a pouco chega gente.

Galileu – Você acabou entendendo o que eu lhe expliquei ontem?

Andrea – O quê? Aquela história do Quipérnico e da rotação?

Galileu – É.

Andrea – Não. Por que o senhor quer que eu entenda? É muito difícil, e eu ainda não fiz onze anos, vou fazer em outubro.

Galileu – *Mas eu quero que você também entenda.*

É para que se entendam essas coisas que eu trabalho e compro livros caros em lugar de pagar o leiteiro.

Andrea – *Mas eu vejo que o Sol de noite não está onde estava de manhã. Quer dizer que ele não pode estar parado! Nunca e jamais.*

Galileu – *Você vê! O que é que você vê? Você não vê nada! Você arregala os olhos, e arregalar os olhos não é ver.* Galileu põe a bacia de ferro no centro do quarto. Bem, isto é o Sol. Sente-se aí. Andrea se senta na única cadeira; Galileu está de pé, atrás dele. *Onde está o Sol, à direita ou à esquerda?*

Andrea – *À esquerda.*

Galileu – *Como fazer para ele passar para a direita?*

Andrea – *O senhor carrega a bacia para a direita, claro.*

Galileu – *E não tem outro jeito? Levanta Andrea e a cadeira do chão, faz meia-volta com ele. Agora, onde é que o Sol está?*

Andrea – *À direita.*

Galileu – *E ele se moveu?*

Andrea – *Ele, não.*

Galileu – *O que é que se moveu?*

Andrea – *Eu.*

Galileu berrando – *Errado! Seu burro! A cadeira!*

Andrea – *Mas eu com ela!*

Galileu – *Claro. A cadeira é a Terra. Você está em cima dela.”*

(Brecht, 1991, *Vida de Galileu*, págs. 59/60.)

5. Considerações finais

Creio que expus brevemente minha compreensão sobre “O sentido formativo da física” dirigido, principalmente, para aqueles estudantes que aparentemente não amam a física .

É minha utopia, às vezes posta em experiência na sala de aula.

Um texto de Monteiro Lobato, publicado pela primeira vez em 1923, expõe algo pessimista daquela época que, infelizmente, continua atualíssimo, ao mesmo tempo em que louva a ponte entre ciência e arte:

Recordando minha vida colegial vejo quão pouco os mestres contribuíram para a formação do meu espírito. No entanto, a Júlio Verne todo um mundo de coisas eu devo! E a Robinson? Falaram-me à imaginação, despertaram-me a curiosidade – e o resto se fez por si.

Júlio Verne levou-me a Humboldt e depois à geografia e às demais ciências físicas e sociais. Foi o aperitivo. Entreabriu-me as cortinas do mundo como coisa viva, pitoresca, composta de paisagens e dramas. De posse dessa visão, e esporeada pela imaginativa, a inteligência ‘compreendeu e quis saber’. Que menino, após a leitura de Keraban, o cabeçudo, não corre espontaneamente a abrir um atlas para ver onde fica o Bósforo?

A inteligência só entra a funcionar com prazer, eficientemente, quando a imaginação lhe serve de guia.

A bagagem de Júlio Verne, amontoada na memória, faz nascer o desejo do estudo. Suportamos e compreendemos o abstrato só quando já existe material concreto na memória. Mas pegar de uma pobre criança e pô-la a decorar nomes de rios, cidades, golfos, marés, como se faz hoje, sem intermédio da imaginação, chega a ser criminoso. É no entanto o que se faz ! ...

A arte abrindo caminho à ciência: quando compreenderão os professores que o segredo de tudo está aqui?

(Lobato, 2008, p. 32)

Eis um trecho de *A máquina do Tempo*, de H. G. Wells (1866-1946), escrito entre 1887 e 1894.

“- Sabem, naturalmente, que uma linha matemática, uma linha de espessura zero, não tem existência real. (...) Essas coisas são meras abstrações. (...)

- Também um cubo, tendo apenas comprimento, largura e altura, não pode ter existência real.

- A isso oponho uma objeção, disse Filby. Por certo que um corpo sólido pode existir. Todas as coisas reais ...

- É o que pensa a maioria das pessoas. Mas, espere um momento. Pode existir um cubo instantâneo?

- Não percebo – disse Filby.

Pode ter existência real um cubo que não dure por nenhum espaço de tempo?

Filby ficou pensativo.

- Não há dúvida – continuou o Viajante do Tempo – que todo corpo real deve estender-se por quatro dimensões: deve ter Comprimento, Largura, Altura e ... Duração.

Mas, por uma natural imperfeição da carne, que logo lhes explicarei, somos inclinados a desprezar esse fato. Há realmente quatro dimensões, três das quais são chamadas os três planos do Espaço, e uma quarta, o Tempo.

Existe, no entanto, uma tendência a estabelecer uma distinção irreal entre aquelas três dimensões e a última (...) Realmente é isso o que significa a Quarta Dimensão, embora algumas pessoas quando falam na quarta dimensão não saibam o que estão dizendo. É apenas outra maneira de encarar o Tempo.”

(H. G. Wells, 1991, págs. 9/11.)

Bibliografia

- 1. Alighieri, Dante. *A divina comédia*. Volume III (O paraíso). Lisboa, Liv. Sá da Costa, 1958.
- 2. Brecht, Bertolt. *Vida de Galileu*. In: Teatro Completo, em 12 volumes, Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, vol. 6, 2ª edição, 1991.
- 4. Eco, Umberto. *Obra aberta*. São Paulo, Ed. Perspectiva, 1991, 8ª edição.
- 5. Einstein, Albert. *Notas autobiográficas*. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 2ª ed., 1982, págs. 20/23.
- 6. Kepler, Johannes. *Astronomia Nova*. Citado por Arthur Koestler, *Os sonâmbulos*. Ibrasa, 1961a.

- 7. Kepler, Johannes. *Sonho*. Citado por Arthur Koestler, *Os sonâmbulos*. Ibrasa, 1961b.
- 8. Kuhn, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975.
- 9. Lobato, Monteiro. *O mundo da Lua*. Globo, São Paulo, 2008.
- 10. Poe, Edgar Allan. *Eureka*. In: *Poesia e Prosa - obras escolhidas*. Edições de Ouro, Rio de Janeiro, 1966.
- 11. Schenberg, Mário. *Pensando a física*. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1984.
- 12. Zanetic, João. *Física e cultura*. Ciência e Cultura, vol. 57, nº 3, 2005.
- 13. Wells, H. G. *A máquina do tempo*. Francisco Alves, 4ª edição, Rio de Janeiro, 1991.