



Luís Carlos de Menezes¹#

¹Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Não se sabe o que ainda virá das ciências neste século, mas a escola poderia buscar mostrar o que elas já revelaram no século passado.

A compreensão do cosmo, da vida e de grande parte das tecnologias mudou profundamente no século XX. Seria preciso evitar que, ao completar sua educação básica, os jovens tenham sobre o universo e sobre a vida a mesma visão de há vários séculos, ou que continuem ignorantes sobre grande parte dos equipamentos de seu uso cotidiano. Uma vez que tanto a cosmologia quanto as tecnologias contemporâneas envolvem desenvolvimentos recentes das ciências da natureza, a educação deveria ser aperfeiçoada para sua apresentação ao longo da vida escolar.

Continua sendo importante revelar como ocorreram as mudanças na visão de mundo. Por exemplo, reconhecer o modelo geocêntrico de Cláudio Ptolomeu, do século II, como importante avanço conceitual em relação a considerar plana a Terra, e que nos situar como centro do Universo foi bem

recebido por religiosos que pretendiam ou ainda pretendem que o universo tenha sido criado como mero cenário do espetáculo humano. Foi só no século XVI, com o início da modernidade e com as ciências baseadas em observações, que a proposta geocêntrica deu lugar à heliocêntrica de Nicolau Copérnico, sistematizada a seguir por Johannes Kepler, Galileu Galilei e, finalmente, por Isaac Newton, que tratou o movimento dos astros no Sistema Solar com suas leis da mecânica e com sua teoria da gravitação.

Essa percepção da gradativa transformação na visão de mundo é essencial para que o público escolar acompanhe a troca da visão da Terra como sendo plana, por seu situar como centro do universo, até a compreensão de seu giro em torno do Sol. No entanto, ao acompanharmos as elaborações do século XX, essa compreensão de há séculos deve ser também renovada na escola, ao mostrar o Sol como uma estrela entre inúmeras outras, de uma galáxia entre inúmeras outras, de um universo em permanente expansão.

A escola poderia buscar mostrar o que as ciências já revelaram no século passado

#Autor de correspondência. E-mail: menezes@if.usp.br.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Essa nova visão não pode ser sonegada na educação básica, como também é preciso saber que a vida humana, neste planeta, longe de qualquer outro lugar capaz de abrigar vida, está sendo ameaçada por nós mesmos. Ao consumirmos em poucos anos, como combustível fóssil, o que a biosfera produziu em bilhões de anos, tornamos a atmosfera imprópria para nossa vida, e, se isso prosseguir, não sobreviveremos. Assim, teríamos destino semelhante ao das outras espécies do nosso gênero *Homo*, como os neandertais e denisovanos, com as quais convivemos e que já desapareceram há dezenas de milhares de anos.

É igualmente perceptível semelhante descompasso de visão de mundo no ensino das ciências da vida. Os mesmos religiosos que apreciavam o geocentrismo, por nos situar no centro do mundo criado por Deus para nos abrigar, de fato ignoram o quanto somos uma espécie muito recente. Poucos sabem, e na escola precisariam aprender, que, com poucas centenas de milhares de anos, somos dez vezes mais recentes que o gênero *Homo*, que tem um par de milhões de anos, por sua vez mil vezes mais recente do que a vida surgida há poucos bilhões de anos. Mesmo sabendo que, por nossa evolução cognitiva, tenhamos sobrevivido às demais espécies do nosso gênero, também precisaríamos saber que, se mantivermos nosso abuso no emprego de petróleo, podemos nos extinguir e que o universo prosseguiria sem nós.

Mesmo as limitações das ciências podem ser relatadas. Por exemplo, só sabemos interpretar cerca de cinco por cento da massa do universo, que é o que podemos observar, sendo o restante a massa das chamadas matéria e energia escuras, assim denominadas por não serem visíveis. A velocidade percebida dos astros nas galáxias demandaria mais massa do que a das estrelas que se veem, e essa massa faltante seria a da matéria escura. E o afastamento acelerado de galáxias distantes seria devido a uma força universal antes desconhecida, atribuída à chamada energia escura, que também não se sabe o que seria. Seremos, ainda neste século, capazes de compreender esses noventa e cinco por cento restantes da massa universal?

Também nas ciências da vida há dúvidas sobre o progresso de muitas investigações. Conhecem-se perfeitamente os complexos bioquímicos que são, por assim dizer, as letras das frases com que se escrevem as células vivas, sendo alguns já identificados em corpos que circulam no Sistema Solar. Francis Crick, um dos descobridores dessa estrutura celular, avaliou ser a Terra recente demais para tê-la sintetizado e pensou que ela pudesse ter sido semeada aqui, o que chamou de panspermia dirigida, mas há evidências de que foi, sim, na profundidade dos oceanos que as primeiras células vivas foram espontaneamente geradas. No entanto,

a despeito de nosso detalhado conhecimento da estrutura básica das células, será possível que, algum dia, seja realizada uma síntese laboratorial de uma célula viva?

Exemplos como esses de nossa ignorância sobre o futuro das ciências poderiam ser relatados na educação básica, até para que se compreenda que as ciências são uma busca permanente, sem realmente se saber no que resultarão. Isso ajuda a compreender que as ciências são baseadas em dúvidas, não em certezas, e que mesmo princípios gerais como o da conservação da energia estão permanentemente sujeitos a contestações - ou seja, continuam sendo investigados, por não serem indiscutíveis como os dogmas da fé nas religiões.

Algo talvez patético, ao se aprender ciências, é a memorização ou a dedução de fórmulas sem oportunidades reais para empregá-las. Por décadas, em passado recente, foram dedicados meses do início do ensino médio à cinemática, que teria sido útil para lançamentos oblíquos das catapultas medievais, mas de discutível interesse atual. No entanto, há coisas realmente importantes da física contemporânea das quais muitos conhecem as fórmulas sem fazer ideia de como empregá-las. A mais famosa delas é a relação entre massa e energia na relatividade especial de Albert Einstein, a famosa $E = m \cdot c^2$, em que a energia é mostrada como equivalente à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz.

É possível ilustrar o emprego dessa fórmula para explicar por que as estrelas brilham por tanto tempo sem precisar “trocar de bateria”, relatando o processo de formação estelar. Toda estrela surge de uma nuvem, sobretudo de hidrogênio, que, ao colapsar sobre si mesma por gravitação, produz temperaturas suficientes para promover a fusão nuclear. Quando dois núcleos de hidrogênio se fundem em um de hélio, sua massa M é menor do que a soma $2m$ das massas dos prótons, os núcleos do hidrogênio. Essa diferença, vezes o quadrado da velocidade da luz, $(2m - M) \cdot c^2$, garante às estrelas energia para brilhar por bilhões de anos, até porque os demais núcleos continuam sendo fundidos a partir dos mais leves. Contudo, isso só ocorre na fusão dos núcleos mais leves, até o do ferro, pois a fusão dos mais pesados não fornece, e sim demanda energia - que só estaria disponível nas supernovas, explosões de grandes estrelas. Como no Sistema Solar há elementos bem mais pesados que o ferro, sabemos que sua formação contou com os restos de uma supernova e, comparando os percentuais remanescentes dos diferentes isótopos de urânio, sabemos que ela ocorreu há 4,6 bilhões de anos.

Vale lembrar que também as terríveis bombas H funcionam de acordo com aquela famosa fórmula, mas, como para realizar a fusão precisam, como “espo-

As ciências são baseadas em dúvidas, não em certezas, e mesmo princípios gerais como o da conservação da energia estão permanentemente sujeitos a contestações

letas”, da temperatura de bombas atômicas - as bombas A, à base da fissão de urânio ou plutônio -, seus rejeitos radiativos contaminam de forma duradoura a atmosfera ao seu redor. Por isso, outra maneira bem rápida para a humanidade se extinguir seria um conflito nuclear mundial, com o emprego de milhares dessas bombas A e H hoje estocadas e prontas para serem lançadas. Portanto, além de reduzir o consumo de combustíveis fósseis, a preservação da humanidade dependeria da eliminação das armas nucleares, em uma campanha internacional que poderia partir da conscientização de jovens nas escolas.

Tão importante quanto saber como funcionam estrelas ou bombas nucleares de fusão é permitir aos usuários de equipamentos tecnológicos de uso diário uma compreensão mínima de seu funcionamento. Um exemplo trivial seria saber que os fornos de micro-ondas emitem frequência eletromagnética correspondente à da rotação das moléculas de água e, por isso, não aquecem nem um copo de vidro vazio nem uma xícara de louça seca, mas só devem funcionar com sua porta fechada, pelo risco de cozinhar o interior do corpo de alguém nas proximidades. Mesmo coletores solares podem ser explicados, mostrando como um dispositivo semicondutor converte luz em eletricidade, o que não é mais complicado do que os geradores à base de combustão explicados nas escolas desde o século passado.

São muitos os dispositivos e equipamentos pouco compreendidos entre os amplamente difundidos, como telefones celulares e os sistemas GPS, capazes de localização precisa de quem esteja portando um deles, e que permitem que sistemas como o Waze possam orientar veículos de forma instantânea em todo o mundo. A ignorância das bases gerais de muitas tecnologias exige a atualização da educação científica, respeitados alguns limites. Por exemplo, se as técnicas de raios X são relativamente bem compreendidas como fotografias penetrantes, é compreensível que poucos entendam certos exames, como as técnicas PET - tomografia por emissão de pósitrons -, que são a antimatéria dos elétrons. Por conta desses e de outros procedimentos mais complexos, hospitais que os disponibilizam mantêm especialistas em física médica.

Essa ostensiva presença de equipamentos físicos em procedimentos médicos ou mesmo em processos industriais também aponta a necessidade de maior articulação entre as diferentes ciências desde seu aprendizado escolar. A conservação de energia, a mecânica, o eletromagnetismo ou o crescimento da entropia não são relevantes somente em motores e equipamentos de qualquer finalidade, mas igualmente em inúmeros

A ignorância das bases gerais de muitas tecnologias exige atualização da educação científica

Tão importante quanto saber como funcionam estrelas ou bombas nucleares de fusão é permitir aos usuários de equipamentos tecnológicos de uso diário uma compreensão mínima de seu funcionamento

fenômenos naturais que envolvem processos químicos, biológicos ou cosmológicos. Em alguns países, o ensino interdisciplinar das ciências da natureza tem conseguido superar essas lacunas, o que já começa a ser praticado em outras partes do mundo.

Mesmo crianças fazem uso de aparelhos e sistemas baseados em sofisticados princípios e técnicas - a começar por seus telefones celulares e inúmeros dispositivos de entretenimento -, por isso seria necessário desenvolver linguagens adequadas para sinalizar interpretações de forma a antecipar compreensões científicas mais elaboradas. A educação científica

deve acompanhar o amadurecimento correspondente às faixas etárias, o que seria a melhor forma de minimizar a literal alienação dos usuários das tecnologias - o que, em última análise, também pode garantir melhor uso delas.

Nos vários parágrafos deste pequeno ensaio, foram mencionados fenômenos e conceitos físicos nem sempre suficientemente presentes entre os temas da educação básica, como a física quântica de processos atômicos, a relatividade especial em processos nucleares ou mesmo a menção a pósitrons, um exemplo de antimatéria que poderia nos remeter aos primeiros instantes do universo, com seus quarks e glúons. Porém, se é difícil encontrar quem se tenha informado sobre a razão de o céu diurno ser azul ou sobre onde são armazenadas as informações acessíveis nos celulares, mais difícil ainda é encontrar jovens que, tendo ouvido falar no Big Bang, saibam de sua relação com a relatividade geral de Albert Einstein, que, há um século, revelou que a configuração do espaço e o transcorrer do tempo dependem da distribuição cósmica de massas. Em resumo, a física do século XX não está chegando à escola do século XXI, e há dúvidas sobre estar chegando, como certamente deveria, à formação dos professores dessa escola.

Não por acaso, até mesmo pelo caráter desta revista, as ciências aqui tratadas são as ciências da natureza, seja em seu sentido cultural mais amplo, seja em sua relação com as muitas tecnologias. No entanto, não custa buscar um breve paralelo com algumas ciências humanas, associando a elas a mesma epígrafe deste texto: “Não se sabe o que ainda virá das ciências neste século, mas a escola precisaria buscar mostrar o que foi revelado por elas no século passado”. Nesse caso, simplesmente para verificar em que medida registros do século passado estão servindo para compreender eventos e processos atuais, no ensino dessas ciências.

Em paralelo com o que foi visto nas ciências da natureza, talvez haja comparações possíveis do que a

escola esteja fazendo, ou não, entre processos sociais e econômicos vividos no século XX e no XXI. A migração para as cidades na primeira metade do século passado, com a economia agrícola cedendo mão de obra para a industrial, foi sucedida, no final do século, pela crescente automação da indústria e pelo deslocamento de postos de trabalho para os serviços. No começo do século XXI, o desemprego estrutural decorrente levou a êxodos em busca de ocupações em serviços nas economias centrais, movimento agora rejeitado e resultando em retornos e deportações, por vezes relacionados com alguma xenofobia.

No plano da política, não seria difícil comparar processos análogos nos séculos XX e XXI. Por exemplo, nos anos 1920, com o emprego do rádio recém-surgido, houve rápida emergência de lideranças populistas autoritárias, resultando no fascismo e, pouco depois, no nazismo, que rapidamente ousaram avançar além de suas fronteiras, dando origem à Segunda Guerra Mundial. Cerca de cem anos depois, com a internet, o emprego das redes sociais contribuiu para um novo populismo autoritário, cujas decorrências ainda não se conhecem. Mas nem tudo entre os dois séculos mantém paralelismo, e, quando não, as ciências humanas poderiam discutir as transições.

No fim da Segunda Guerra, surge a China socialista, mas hoje, sem maior ativismo político, apresenta-se de fato como potência econômica mundial, enquanto a Rússia soviética, surgida ao fim da Primeira Guerra, abandona o socialismo e hoje, sem relevância econômica, revela-se agressiva potência nuclear. Os Estados Unidos, que foram decisivos no protagonismo global em ambas as guerras e estavam revelando atenção à questão ambiental, agora se posicionam de forma oposta, antiecológica e com agressividade tarifária de destino incerto. No plano produtivo, enquanto o século XX começou com crescente mobilização sindical e socializante, no século XXI a automação industrial desmobiliza sindicatos, promove empreendimentos individuais e convive com expressivo desemprego e marginalização urbana.

Por certo, seria de se esperar que o ensino escolar das ciências humanas e sociais trabalhasse a sequência, as heranças e as contradições entre esses séculos, mas interessa concluir este breve texto apontando a necessidade de uma maior articulação das ciências da natureza com as ciências humanas e sociais neste século XXI. Ao menos duas grandes questões dependem de ação coordenada e transdisciplinar dos dois conjuntos de ciências: uma delas é a dramática crise ambiental mundial, ainda não equacionada; a outra, a transformação no mundo da produção e dos serviços, que impacta a orientação profissional da

**Não bastam proposições
sem as condições para
realizá-las**

juventude. Só isso daria razão para outro texto, que fica prometido, buscando adequação às transformações gerais hoje vividas, lembrando que discutir a escola é também discutir o futuro do mundo.

Por falar em promessa de outro texto para esta revista, lembro-me de que há precisamente um quarto de século publiquei em seu número inaugural - v. 1, n. 1, 2000 - “Uma física para o novo Ensino Médio” [1]. Sua temática tratava das diretrizes que nortearam a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais, pois pouco antes eu tivera o privilégio de coordenar os PCNs para as Ciências da Natureza e Matemática com uma equipe de notáveis representantes de todos os componentes. Por um lado, foi bom notar coerência entre o proposto agora e o elaborado há tanto tempo, o que enfatiza o múltiplo significado das ciências como visão de mundo e como saber prático e aponta a rápida emergência de novas tecnologias de base científica. Por outro lado, foi triste perceber como têm sido insuficientes as condições para a realização do proposto, o que merece agora os derradeiros parágrafos.

A mencionada insuficiência nos adverte que não bastam proposições sem as condições para realizá-las. Com essa preocupação, procuramos, na época aproximar mais os PCNs da realidade escolar com os PCN⁺s e, mais tarde, com a Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, mais anunciada do que efetivada. Meu envolvimento com essas iniciativas completou minha migração da física teórica para a educação prática, preocupado com a pouca importância dada pelas universidades às licenciaturas, tratadas como incômoda obrigação ou mero subproduto. Também por isso, dedico a seguir umas poucas frases para explicitar o que poderia ser realizado em função do que propusemos agora.

São três as dimensões para realmente promover o aprendizado pretendido: o conceito de currículo, a formação docente e a gestão escolar. Currículo, ao ser equivocadamente tomado como lista de pontos do discurso de quem ensina, nega seu significado real de percurso de atividades de quem aprende. E o professor, sendo um profissional, também não se forma somente ouvindo discurso, mas exercendo sua prática em efetivos estágios sob supervisão. Finalmente, a gestão escolar, comprometida com as duas outras dimensões, deve promover o protagonismo de quem aprende e de quem ensina. Se isso já ocorria menos do

que o desejável, agora está ameaçado pelas ditas “plataformas”, sem interlocução com as condições culturais e sociais do contexto escolar e com pouca atenção às características individuais de estudantes e mestres.

Ter podido colaborar com esta *Física na Escola*, em seu lançamento e na comemoração de seu quarto de

**São três as dimensões para
promover o aprendizado
pretendido: o conceito de
currículo, a formação
docente e a gestão escolar**

século, expressa nosso apreço ao caráter exemplar desta revista, com que a Sociedade Brasileira de Física cumpre sua responsabilidade formativa, ao oferecer a jovens a oportunidade para encontrar mais sentido em suas carreiras e a veteranos, alento para não desistirem de seus propósitos.

Luís Carlos de Menezes
Professor Sênior da Instituto de Física
Universidade de São Paulo

Recebido em: 14 de Abril de 2025

Aceito em: 14 de Abril de 2025

Referências

- [1] L.C. Menezes, A Física na Escola **1**(1), 6 (2000). Disponível em <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol01-Num1/artigo21.pdf>, acesso em 26/6/2025.