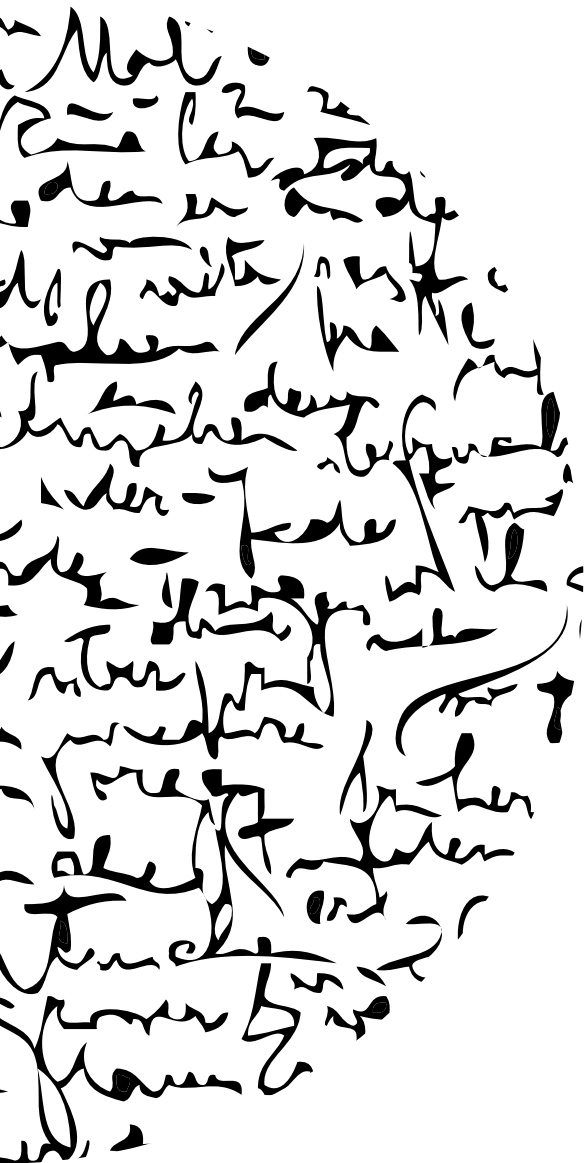


Aprender e ensinar Ciências: do laboratório à sala de aula e vice-versa

Diego A. Golombek



São Paulo, novembro de 2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Golombek, Diego A.

Aprender e ensinar ciências : do laboratório à sala de aula (e vice-versa) / Diego A. Golombek ; [tradução Eloisa Cerdan]. -- 2. ed. -- São Paulo : Sangari do Brasil : Fundação Santillana, 2009.

Título original: Aprender y enseñar ciencias : del laboratorio al aula y viceversa
Bibliografía.

1. Ciências - Estudo e ensino I. Título.

ISBN 978-85-7570-145-4

09-11498

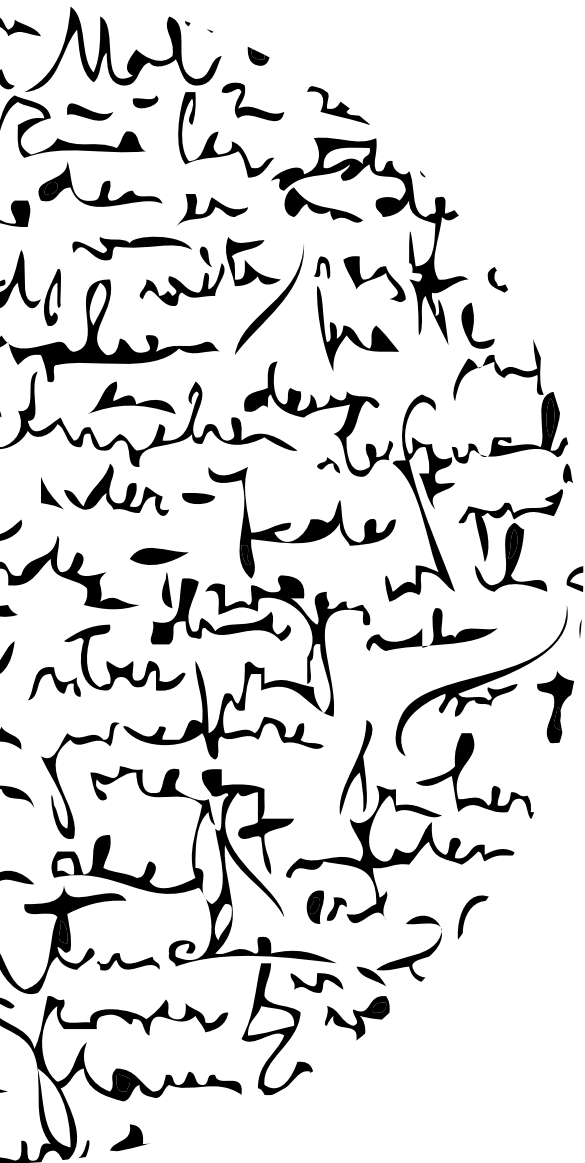
CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências : Estudo e ensino 507

Aprender e ensinar Ciências: do laboratório à sala de aula e vice-versa

Diego A. Golombek



Sangari Brasil

Realização

Sangari do Brasil

Produção editorial

AUTOR: Diego Andrés Golombek

COORDENAÇÃO EDITORIAL: Glaucy Tudda

COLABORAÇÃO EM TEXTO: Luciano Milhomen

TRADUÇÃO: Eloisa Cerdan

REVISÃO DE TEXTO: Globaltec Artes Gráficas e Ana Paula Ribeiro

CAPA: Fernanda Roisenberg

PROJETO GRÁFICO: Fernanda Roisenberg

EDITORAÇÃO: Fernanda Roisenberg e Ricardo Salamon Filho

SANGARI DO BRASIL

RUA ESTELA BORGES MORATO, 336

VILA SIQUEIRA

CEP 02722-000 - SÃO PAULO - SP

TEL.: 55 (11) 3474-7500

IMPRESSO NO BRASIL

2ª EDIÇÃO - 2009

PREFÁCIO

O REI (DA CIÊNCIA) ESTÁ NU

Este documento constitui uma contribuição para a reflexão sobre o ensino de Ciências no marco do IV Fórum Latino-Americano de Educação, organizado pela Fundação Santillana, sob o lema “Aprender e ensinar Ciências. Desafios, estratégias e oportunidades”. O tema do presente fórum não poderia ser de maior atualidade, dada a crescente importância que se está outorgando à ciência, assim como à educação e à alfabetização científica, não só na região, mas também no resto do mundo. A esse respeito, cabe destacar que 2008 foi declarado o “Ano do Ensino de Ciências” na República Argentina, um fato que longe de ser meramente simbólico, também cristaliza uma genuína preocupação pela crise na área, de cujas falências sofrem não só o campo profissional específico, mas toda a cidadania.

É interessante deter-se nos conceitos principais do título desse fórum. Em princípio, não se trata só de como **ensinar** Ciências – sobre o que há ampla bibliografia e um vasto campo de experiências que podem ser compartilhadas e imitadas – mas também dos processos que ocorrem em quem **aprende** e exerce a ciência (tanto o aluno de níveis básicos ou superiores quanto o docente em distintas etapas de sua formação). Ambos os campos – o de ensinar e o de aprender – experimentaram diversas transformações nas últimas décadas, tanto no que se refere aos conteúdos como aos métodos implementados ou sugeridos, mas o certo é que o **desafio** do título é maiúsculo: há uma enorme crise no setor que se vê refletida no magro desempenho da região nas avaliações internacionais, no abismo entre a educação em Ciências no ensino médio e no superior, na falta de vocações científicas em nossos estudantes – fato particularmente grave em regiões de economias emergentes que requerem especialistas em ciência e tecnologia em graus crescentes – e, por último, na deficiente alfabetização científica da população, que no mundo contemporâneo (no qual cada vez mais se requer a tomada de decisões relacionadas com a ciência e suas consequências) é imperdoável.

Diante de grandes desafios, há que se implementar as **estratégias** correspondentes. Aqui vale tanto a criatividade como a imitação de modelos adequados às respectivas experiências e realidades. Estas estratégias deverão valer-se das **oportunidades** oferecidas pela realidade particular das regiões envolvidas que, em geral, e diferentemente do que se poderia pensar, não são poucas. Em nosso país, por exemplo, o ensino superior em Ciências nas instituições estatais, assim como o nível de pesquisa básica e suas aplicações em algumas áreas é, em alguns casos, excelente, e merece uma interação profunda com o resto do sistema educacional. Do mesmo modo, algumas soluções tecnológicas específicas de determinadas regiões são fruto da criatividade aplicada às diversas oportunidades presentes, exemplos que podem e devem ser apropriados pelo ensino de Ciências. Em resumo, a situação é grave, mas não irreversível, e só o fato de encarregar-se das enormes deficiências na área é um bom começo.

Antes de avançar na temática específica do documento, é necessário realizar algumas elucidações: o autor deste texto não é especialista em didática de Ciências. Nada disso. Além da minha experiência docente em diversos níveis (particularmente ensino médio e superior), desempenho-me profissionalmente como pesquisador cientista, tendo sob minha responsabilidade um laboratório de pesquisa. Talvez essa condição, além de suas óbvias desvantagens frente aos que se dedicam formalmente à pesquisa e planejamento específicos no ensino de Ciências, tenha também algumas virtudes, entre as quais cabe ressaltar duas possíveis:

a) A tese principal deste trabalho pode se resumir em que a única forma de aprender ciências é fazendo ciências. Dessa maneira, além de alguns recursos didáticos e exemplos particulares que obviamente se encontram maravilhosamente explicados e discutidos em outros textos, a pesquisa científica e o ensino de Ciências talvez não difiram substancialmente (mais além do requerimento de originalidade na primeira, não obrigatório da segunda).¹ Assim, um cientista “puro” pode oferecer

¹ Na realidade, poderíamos dizer que a originalidade não é o principal ponto de diferença entre a ciência profissional e a ciência na sala de aula. Talvez a diferença resida em que, na sala de aula, o aluno aprende sob a direção de um docente que conhece bem a trajetória, o ponto de chegada e os possíveis caminhos para se chegar de um a outro lado. Nesse caminho – provido de andaimes e escadas para ir explorando novos níveis –, a ideia é que o que aprende faça coisas análogas (mas, obviamente, não iguais) ao que faz um cientista quando se depara com um problema a ser resolvido ou um fenômeno a ser explorado. Ao ensinar, o docente vai gerando muito cuidadosamente condições para que os alunos tenham oportunidade de pensar cientificamente – o que não é nada simples e requer docentes muito preparados.

uma visão que, talvez, seja de interesse aos docentes (o contrário, a contribuição dos docentes à pesquisa, é indubitável e a interação de ambos os enfoques é extremamente benéfica), enquanto descreve caminhos que são habituais nos laboratórios e as discussões entre pares que talvez não resultem – ou não devam resultar – tão estranhos para a ciência na sala de aula.

b) O estar afastado de um item tão trabalhado e exaustivamente discutido como a didática profissional de Ciências pode permitir um olhar desprovido de certos tecnicismos e subentendidos, e com uma planura tal que seja exportável aos diversos níveis de ensino.

Vejamos alguns corolários desses dois postulados. Se a única forma de aprender Ciências é fazendo-a, quer dizer que a sala de aula – tanto de alunos de ensino fundamental como dos institutos de formação docente – pode e deve transformar-se em um âmbito ativo de geração de conhecimento, afastado da mera repetição formulística e apoiado na experimentação e indagação constantes (estamos falando, evidentemente, do ensino de Ciências Naturais, e não das Sociais ou da Matemática, cada uma das quais possui um *corpus* próprio e um cientista natural não está capacitado para opinar com muito conhecimento de causa). Uma das objeções a este olhar é puramente metodológico: como fazer ciência em uma sala de aula que adoecce da falta de toda ferramenta instrumental, de um microscópio até, e, no pior dos casos, de energia elétrica, que permite a realização de determinadas provas. É certo: alguns objetivos pontuais requererão certas tecnologias, às vezes inalcançáveis em alguns âmbitos educacionais. Entretanto, reduzir a ciência (e seu ensino) a fatores puramente metodológicos – sem negar sua indubitável importância – é, em todo caso, um olhar muito curto. Cada vez que obtivermos uma atitude inquisitiva, curiosa, até rebelde, de um aluno que compreenda que suas próprias perguntas sobre o mundo que o rodeia são o início e não o final de uma viagem; cada vez que nos permitirmos acompanhar e não limitar essas perguntas; cada vez que uma afirmação for discutida, corroborada e refutada até a indigestão ou cada vez que nos maravilharmos frente a um fenômeno natural e quisermos domá-lo e compreendê-lo, estaremos fazendo ciência, sem necessidade de aceleradores de partículas ou microscópios eletrônicos.

Entretanto, é estritamente certo que o enfoque experimental do ensino de Ciências Naturais requer uma base metodológica que permita a formulação de tais experimentos. Em geral, os experimentos não podem faltar, mas não são os únicos que podem (nem devem) ser feitos para ensinar a pensar cientificamente – é óbvio que existem diversos temas que não são adequados para a é experimental. Aqui, entram, então, aspectos práticos da didática científica, que estão também nos outros enfoques que trataremos neste documento, sempre e quando ficar claro que o que queremos argumentar é que, na sala de aula, é preciso cumprir todos os passos da aquisição de conhecimento científico, entre os quais a realização do experimento é fundamental, mas não mais importante do que formulação de perguntas, o desenho de uma experiência, a imaginação de um modelo ou a construção de um consenso de interpretação dos dados obtidos.

8 Quanto ao segundo ponto, o do afastamento (principalmente por ignorância) das discussões atuais sobre pesquisa em didática de Ciências, embora possa (e em muitos casos deva) destacar-se como uma clara deficiência, talvez haja algo a se aproveitar nessa situação – embora este possa ser considerado um aspecto particularmente polêmico deste texto. Minha tarefa como cientista interessado tanto na educação quanto na divulgação de Ciências me levou – felizmente – ao contato estreito com docentes de diferentes níveis em muitos âmbitos de ensino. Assim, pude comprovar a enorme necessidade de consenso que têm os docentes. Da mesma maneira que Lewis Thomas afirmava, a respeito da fragilidade das explicações científicas, que “as teorias passam, as rãs ficam²”, poderíamos dizer que, em didática de Ciências, as modas, os jargões e os tecnicismos passam, mas os docentes e os alunos permanecem com os mesmos questionamentos e necessidades. Neste sentido, multiplicaram-se as teorias sobre tal didática, com neologismos, sisudas teses, mudanças radicais e demais novidades, mas os docentes, na hora de enfrentar a classe de Ciências, muitas vezes ficam com o mesmo vazio de não saber para onde ir, e os alunos seguem considerando a Ciência um acidente sofrido em algum momento de seu caminho na escola, do qual podem sair mais ou menos ilesos dependendo das diversas estratégias evolutivas que possam usar. Daí a impressão de que todos – fazedores de políticas, formadores de docentes, professores, pesquisadores – sabem do que se trata, mas, em conjunto, somos relativamente incapazes de baixar o problema a um nível cotidiano, o de aprender e ensinar a compreender a natureza neste aspecto onde o rei está parcialmente nu e o cobrimos com

² ROSTAND, J. *El correo de un biólogo*. Madrid: Alianza Editorial, 1980.

emplastos de diversos “ismos”, enquanto a ciência passa por outro lado – às vezes, na frente de nosso próprio nariz. O presente documento é, então, uma visão sobre o ensino de Ciências através do olhar de um cientista profissional. Começaremos por uma visão geral sobre o papel de Ciências no mundo e a sociedade contemporânea – enfoque que, muitas vezes, está afastado dos objetivos factuais da didática da área, em que a ciência é o que ocorre duas vezes por semana, quando os alunos vão, em fila indiana, a esse lugar enigmático chamado laboratório, no qual, o melhor que pode ocorrer – de acordo com o olhar do aluno – é uma pequena explosão ou uma reação cujo produto tenha um aroma insuportável. Logo, no núcleo do texto, revisaremos diversos aspectos da ciência que nos dizem como ensiná-la, que redundam imediatamente em estratégias para sua didática específica. Isto nos levará a examinar alguns exemplos que foram desenvolvidos em diversos países que provaram certo nível de êxito em interessar os alunos, paradoxalmente, naquilo que já estavam interessados desde o princípio: conhecerem a si mesmos e ao mundo circundante. Em outras palavras, em Ciências, como em outras disciplinas, talvez estejamos respondendo a perguntas que os jovens jamais se fizeram, o que implica passar por cima de um longo processo que, indubitavelmente, deve partir das próprias indagações e curiosidades do aluno para chegar a construir outro tipo de perguntas em forma secundária. Finalmente, passaremos em revista as oportunidades e recomendações que se possa implementar em curto e médio prazos, no convencimento de que a situação, por mais grave que seja, merece a maior das atenções e criatividade para apontar soluções. Os motivos para melhorar o ensino de Ciências são quase triviais: inserir-se em um mundo no qual o que vale é o conhecimento (particularmente o científico e tecnológico), fomentar vocações científicas, alimentar e até aumentar a curiosidade natural de nossos alunos. Não é necessariamente um motivo corporativo ou proselitista: ninguém pretende melhorar o ensino de Ciências para encher as faculdades de futuros cientistazinhos (embora isso seja, também, um objetivo desejável: aumentar a quantidade de matrículas em cursos técnicos e universitários de caráter científico). Não se trata, então, de que um melhor ensino de Ciências forme alunos mais inteligentes, ou orientados para determinadas áreas do conhecimento. Trata-se, em suma, de formar cidadãos com critérios principalmente racionais na hora de tomar decisões, que sejam capazes de julgar adequadamente as diferentes alternativas que lhes são apresentadas, que possam pensar e raciocinar por si mesmos nas soluções mais elegantes e práticas (definitivamente, mais belas)

para os problemas que lhes apresentem a vida cotidiana. Em outras palavras, o objetivo último do ensino de Ciências é formar bons cidadãos e, por que não, boa gente.

Vale também uma menção muito especial aos créditos e agradecimentos com os quais este documento está em dívida. Em primeiro lugar, muitas das ideias e propostas aqui apresentadas são fruto de discussões e intercâmbios com os Drs. Melina Furman e Gabriel Gellon, verdadeiros especialistas no tema da formulação de projetos e aspectos institucionais do ensino de Ciências até a implementação prática destas ideias em âmbitos educacionais formais e não formais.³ Com eles e com a Dra. Elsa Rosenvasser Feher, tive o privilégio de interagir e me maravilhar com o intercâmbio de opiniões, em meu caso sempre do lado receptivo da ampla experiência dos colegas. Nós quatro publicamos um livro sobre ensino de Ciências⁴ (é justo dizer que eles me deixaram participar de seu livro), do qual tomei emprestadas numerosas ideias e sugestões para construir o presente documento.

10

Em segundo lugar, tive a honra de participar da Comissão Nacional para o Melhoramento do Ensino de Ciências Naturais e de Matemática, formada pelo Ministério de Educação da Nação, em 2007, com o objetivo de redigir um relatório com recomendações para a área. É interessante destacar que, além de notáveis especialistas em didática de Ciências e gestão educacional, o Ministério decidiu convocar cientistas para esta Comissão, em sintonia com a tese principal deste documento, segundo a qual a ciência tem muito a contribuir para seu ensino, qualquer que seja o nível em questão.⁵

Finalmente, também estou em dívida com todos os participantes do Diploma Superior em Ensino de Ciências da Faculdade Latino-Americana de Ciências Sociais (FLACSO-Argentina), que tive a honra de coordenar durante os dois primeiros anos de seu funcionamento. Ao dizer todos, refiro-me a seus professores, sua equipe de coordenação e supervisão⁶ e, particularmente, aos alunos da pós-graduação, que contribuíram com a necessária vivência cotidiana

³ Ver, por exemplo, www.expedicionciencia.org.ar

⁴ GELLON, H. et al. *La ciencia en el aula: lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Ed. Paidós, 2005.

⁵ Gostaria, particularmente, de agradecer a colaboração da Bel. Annie Mulcahy, assessora da Secretaria de Educação do Ministério, que me facilitou dados e informações de grande utilidade para este trabalho.

⁶ É necessário mencionar, aqui, as gestoras e coordenadoras gerais do projeto, Sílvia Gojman e Sílvia Finocchio, a sua primeira secretária acadêmica, Victoria Mendizábal, e a seus maravilhosos tutores, que conseguiram uma relação pouco usual com os alunos; e outra vez, Melina Furman e Gabriel Gellon, acompanhados de Agustín Adúriz Bravo e Milena Winograd.

do mundo da educação para colocar nossas ideias no contexto adequado.
Outra vez: as teorias passam os alunos e os docentes ficam.

SUMÁRIO

Introdução: a ciência na cozinha.....	15
1. Essa coisa chamada ciência	17
2. Não sei o que quero (mas quero já)	31
3. Percorrer a ciência na sala de aula.....	37
4. Um Ministério que dá conselhos	67
5. Final com ciência	77
Apêndice: desfile de modelos	81
Bibliografia	85

INTRODUÇÃO

A CIÊNCIA NA COZINHA

Um dos livros mais conhecidos de Diego Golombek chama-se, não por acaso, *O cozinheiro cientista*. O biólogo argentino parece ter o dom de simplificar sem reduzir, e faz com que o conhecimento científico tenha tanto sabor quanto uma macarronada. Em *Aprender e ensinar Ciências: do laboratório à sala de aula e vice-versa*, publicação originalmente preparada para o IV Fórum Latino-Americano de Educação e editada sob o selo da Fundação Santillana, Golombek volta-se para o tema da educação científica.

Para o autor, aprender e ensinar Ciências são grandes desafios que requerem estratégias correspondentes. Como cientista, ele defende a ideia de que só se aprende ciência fazendo ciência, e acredita que o fato de não ser especializado em didática permite que apresente seu ponto de vista sem tecnicismos. E é exatamente o que faz Golombek neste texto: expõe suas reflexões de maneira sintética, clara, objetiva, agradável e, sobretudo, sincera.

[...] Temos a impressão de que todos – formuladores de políticas, formadores de docentes, professores, pesquisadores – sabem do que se trata, mas em conjunto somos relativamente incapazes de trazer o problema para um nível cotidiano, o de aprender e ensinar a compreender a natureza. É nesse aspecto em que o rei está parcialmente nu, e o cobrimos com retalhos de diversos “ismos”, enquanto a ciência atravessa para o outro lado – às vezes diante de nossos próprios narizes, afirma.

Esta publicação faz parte de mais um esforço da Sangari e da Fundação Santillana para enriquecer o debate sobre a educação científica e, principalmente, mantê-lo vivo. As duas instituições comungam do mesmo interesse pela difusão democrática do conhecimento. Portanto, além de promover o ensino de Ciências, é preciso refletir sobre as estratégias com que o conhecimento científico alcança os estudantes. É nesse sentido que a contribuição de Golombek pode ser extremamente útil.

Sabe-se que, em exames internacionais, como o Programa Internacional

de Avaliação de Alunos (PISA, na sigla em inglês), os estudantes brasileiros têm tido desempenho pífio. Na avaliação de 2006, por exemplo, em que o principal enfoque foi Ciências, mais de 60% dos participantes do programa não apresentaram o mínimo de competência para lidar com as exigências e desafios mais simples da vida cotidiana atual. A ignorância em Ciências, hoje, compromete a própria sobrevivência no mercado laboral.

Ciente da importância de se trazer a ciência para o cotidiano, seja na sala de aula, seja na cozinha de casa, Golombek defende:

[...] Se a única forma de aprender ciência é fazendo ciência, quer dizer que a aula – seja a de alunos de escolas primárias, seja dos institutos de formação docente – pode e deve transformar-se em âmbito ativo de geração de conhecimento, distanciado da mera repetição formulística e baseado na experimentação e indagação constantes.

ESSA COISA CHAMADA CIÊNCIA

Se os povos não se instruírem...

A difusão e o ensino de Ciências costumam justificar-se com argumentos inequívocos e óbvios. Além da ideia democrática de que o conhecimento é um bem comum, costuma-se apelar a uma lógica formativa para os cidadãos: no mundo passa ciência, e cada vez mais, por isso, a cidadania deve estar preparada para este universo em constante mudança. Além disso, e é justo dizê-lo, esta defesa vem à mão da concepção de que a ciência serve, que é útil, que é uma parte iniludível do avanço da sociedade, não só nos termos abstratos do “conhecimento”, mas também em resultados concretos.

Mas existe, também, outro aspecto fundamental do ensino de Ciências, não estritamente dos produtos da pesquisa, mas, sim, do pensamento científico em si mesmo, essa aventura que rompe com o princípio de autoridade (aquele que afirma que isto é assim porque eu digo, que sou o rei, ou o general, ou o papai, e acabou) e que propõe uma série de passos para confiar, ao menos temporariamente, em algo.

Se, como está acostumado a afirmar M. Cereijido, na América Latina, não temos ciência (embora em alguns casos exista uma ótima pesquisa científica), o problema é muito mais profundo que uma questão de experimentos e demonstrações. Não é acreditar ou arrebetar: é demonstrar, perguntar, inquietar. Não mais são Cayetanos para conseguir trabalhos, a não ser modelos de produção. Não mais pensamento mágico ou horóscopos, a não ser formulações racionais e comprováveis.

A ciência não é mais que um modo de conhecer a realidade. Segundo esse modo, o essencial não é o que sabemos, mas como chegamos a sabê-lo. A pesquisa científica sempre parte de perguntas. O assombro, a maravilha, a sede de explicações, a observação e o reconhecimento de regularidades e padrões são parte desse aspecto. Mas podemos estar convencidos de que temos “a verdade”... e ela desmoronar de repente e sem aviso. Queremos conhecer e entender esta realidade e elaboramos a perguntas, tentando en-

tender do que se trata. Fazemos experimentos para ir afinando as perguntas, observamos, descrevemos, modificamos nossas hipóteses.

Em algum momento, chegamos a uma série de observações e vamos contar ao grupo de colegas decididos a nos destruir, nos invejar, nos colocar em xeque. Necessariamente, de algum jeito, chega-se ao consenso. Como parte da comunidade de cientistas, devemos ser céticos e difíceis de convencer, demandar todas as provas e permanecer abertos a outras possibilidades.

Não é isso muito parecido ao que queremos como sociedade? Não é um bom objetivo ser perguntões, ter alternativas e poder julgá-las, e possuir ferramentas para realizar esses julgamentos? A difusão da ciência como forma de entender o mundo é um exercício que nos pode ajudar a ser pessoas melhores, melhores cidadãos, melhores estudantes. Para isso, necessitamos de informação, saber onde estamos, embora às vezes a informação excessiva possa ser uma bomba-relógio que nos enjoa ainda mais.

A informação é um direito, embora às vezes peque pelo excesso, como afirma o novelista inglês David Lodge:

18

[...] no mundo moderno a informação é muito mais portátil que antes. E as pessoas também. Ergo, já não é necessário guardar a informação em um edifício, nem manter os melhores alunos fechados em um campus. Há três coisas que provocaram uma revolução na vida acadêmica durante os últimos vinte anos, embora poucos se deram conta: as viagens em reator, os telefones de marcação direta e a fotocopadora. Hoje em dia, os sábios não têm que trabalhar na mesma instituição para trocar suas impressões, pois se chamam uns aos outros ou se encontram nos congressos internacionais. E já não têm que procurar os dados nas prateleiras das bibliotecas, pois de todo artigo ou livro que lhes parece interessante fazem fotocópias e os leem em casa. Ou no avião que lhes leva ao congresso seguinte. Eu trabalho sobre tudo em casa ou nos aviões, ultimamente, raras vezes entro na universidade, exceto para dar minhas aulas. [...] Enquanto tivermos acesso a um telefone, a uma fotocopadora e a um fundo de ajuda para seminários e congressos, estará perfeito, estaremos ligados à única universidade que na realidade importa: o campus global.¹

Mais à frente do uso ou desuso das ferramentas da informação, o certo é que a ciência e seu ensino, parecem gozar de um *status* particular dentro das atividades humanas - é certo que compartilham certas características que lhes são próprias, mas de maneira nenhuma isso significa isolá-las e etiquetá-las alheias a cultura de todos os dias.

¹ David Lodge, "El mundo es un pañuelo", p. 67-68

A ciência como parte da cultura

A partir do influente trabalho do C. P. Snow, *As duas culturas*, formalizou-se uma ruptura entre o olhar científico do mundo e outros enfoques – não necessariamente menos válidos, mas, sim, de outra ordem – que poderiam agrupar-se (seguindo a terminologia desse texto) como “humanísticos”.

Snow, que era físico e romancista (bastante medíocre, diriam seus caluniadores), começa afirmando que, para encontrar o significado da “cultura”, vale a pena começar por sua etimologia: é culto aquele que cultivou algo – tanto seja científico como humanista. Mas, ao mesmo tempo, assinalava que se geraram duas subculturas coexistentes com códigos, normas e valores distintos: a cientista-tecnológica e a “literária”. [...] *Dois bandos, aqui há dois bandos... e ambos se ignoram e desprezam mutuamente.* É óbvio que Snow dizia essas coisas com espírito sadiamente crítico e até propunha uma reforma educacional que aproximasse ambos os lados, como no final das bodas lorquianas – embora tivesse corrido bastante sangue pelo terreno. Em uma segunda edição de *As duas culturas*, Snow sugeriu uma terceira posição, que cobriria o vazio entre os dois grupos. O desafio foi aceito por um interessantíssimo personagem norte-americano, John Brockman, um empresário do mundo da arte de vanguarda que é um dos editores e agentes literários mais bem-sucedidos atualmente.²

Nos anos 1990, ele publicou *A terceira cultura*, no qual um grupo de cientistas que tentam fazer visíveis as “Grandes Perguntas”, essas que nos levam a nós mesmos. Segundo Brockman, as notícias realmente importantes nestes tempos são as de ciência (com listas que incluem a biologia molecular, a inteligência artificial, a Teoria do Caos, a realidade virtual, os autômatos e muitos et céteras) e são, então, os cientistas que devem colaborar para dar as (boas) novas. Entre os membros da terceira cultura estão luminares como Stephen Gould, Richard Dawkins, Paul Davies, Steven Pinker ou... Brockman, que entre outras coisas, costuma ser mencionado tanto nas seções de arte como de ciência do New York Times.

No fundo, há uma certa divisão de poder – literário, ao menos – que podemos dizer que se estabeleceu: as artes e as humanidades (muitas das quais abraçaram o pós-modernismo e o relativismo filosófico) *versus* a visão científica do mundo. E não é estranho que artistas e cientistas se gabem de não saber nada de ciência e tecnologia, assim como muitos cientistas não devem ter lido Shakespeare, mas nenhum se gabaria disso. Hoje são muitos os cientistas que

² Muitas de suas reflexões e entrevistas estão em sua página de internet: www.edge.org

expõem objeções éticas e políticas além das fronteiras de sua especialidade e se preocupam em saber para que estão trabalhando. Também existe uma nutrida literatura de divulgação destinada a pôr a ciência ao alcance do público não especializado, que aponta a uma educação permanente cada vez mais necessária.

Dizemos que a divisão se formalizou, mas não é recente, já que não é nenhuma novidade que a cultura científica muitas vezes delimitou uma fronteira com a cultura popular – algo que, inclusive, foi fomentado desde a mesma comunidade de cientistas. Assim, a sensação de que hoje as ciências adiantam que é uma barbaridade, não é nova, nem é falsa, nem podemos deixá-la de lado. Resume magistralmente essa situação Michel Houlebecq, em sua novela *As partículas elementares*:

[...] Não sirvo para nada – disse Bruno com resignação. – Sou incapaz até de criar porcos. Não tenho ideia de como se fazem as salsichas, os garfos ou os telefones portáteis. Sou incapaz de produzir qualquer objeto que me rodeia, os que uso ou com os que como; nem sequer sou capaz de entender seu processo de produção. Se a indústria parasse, desaparecessem os engenheiros e os técnicos especializados, eu seria incapaz de voltar a colocar em prática uma só roda. Estou fora do complexo econômico-industrial, e nem sequer poderia assegurar minha própria sobrevivência: não saberia me alimentar, me vestir ou me proteger da intempérie; minhas competências técnicas são ligeiramente inferiores às do homem do Neandertal. Dependo completamente da sociedade que me rodeia, mas eu sou para ela pouco menos que inútil; tudo o que sei fazer é produzir duvidosos comentários sobre objetos culturais antiquados. Entretanto, ganho um salário, inclusive um bom salário, muito superior à média. A maior parte das pessoas que me rodeia está no mesmo caso.

É tristemente certo: quase nenhum de nós tem ideia de como se fazem as salsichas, os telefones ou a criação de porcos. Nossa sociedade se baseia, justamente, na divisão do trabalho, e nós não consideramos nem desprezamos – estes saberes. Mas, bem contados e olhados, podem ser fascinantes, e a responsabilidade de fornecedores e usuários é compartilharem o conhecimento, pois para isso temos um cérebro privilegiado, capaz até de olhar para si mesmo.

A afirmação do Houlebecq traz aparelhado um corolário que é, ao menos, discutível. Os que produzem o conhecimento são os indivíduos “úteis” e o resto, os que vivem dos adiantamentos tecnológicos da espécie, seriam inúteis espectadores-consumidores desse conhecimento. Entretanto, se a ciência pode mudar o mundo, não podemos estar alheios a estas revoluções. Se e deve-se mudar:

gerações de Mafaldas não podem estar tão equivocadas, e a ciência e a palavra são as armas mais afiadas que temos para fazê-lo. Neste sentido, cabe duvidar de disciplinas, experimentos ou questões que estejam completamente vedadas a qualquer pessoa que se interesse, seja por sua complexidade, seja por sua escuridão. É certo: muitos de nós nunca compreenderemos os detalhes da mecânica quântica, da Teoria do Valor, da Geometria não euclidiana ou da nanotecnologia, mas vale a pena insistir: temos o dever e o direito de, pelo menos, vislumbrar do que se trata, saber que perguntas fazem os cientistas ao mundo e como tentam respondê-las. Dentro da definição de “boa” ciência (se é que tal definição é possível) deveria haver a possibilidade de ser compreendida em sentido amplo por qualquer pessoa que tenha o trabalho de entender do que se trata: as dimensões (de tamanho, históricas, geográficas, sociais) em que se enquadra o trabalho, a motivação do pesquisador e, se existirem, as possíveis aplicações da área. Então, dentro dos deveres e direitos dos cientistas que produzem este tipo de conhecimento, está o esforço por contar do que se trata, por sair da casca de ovo e, como nas feiras de Ciências das escolas, entusiasmarem-se e contagiarem seus interlocutores – quer dizer, todos nós – com essa excitação que produz perguntas.

Mas, ao mesmo tempo, há muitos séculos de separação entre a ciência e o resto do mundo. Sem ir mais longe (nem faz tantos séculos), nada menos que Edgar Allan Poe (talvez desiludido porque o único livro seu que se esgotou enquanto estava vivo era, justamente, um livro de ciência) critica alegremente nossa visão de mundo. No fundo, talvez o que os cientistas querem contar é que há beleza na ciência ou, melhor dizendo, que, a ciência procura a beleza. Isso não é muito aceito, claro, pois supõe-se que, ao entender as estrelas lhes tiramos algo de sua poesia, ou que, ao explicar as cores, já não nos poderemos emocionar com um quadro impressionista. Mas vale a pena ler o “Soneto à ciência”, de Poe:

*Ciência! Verdadeira filha do tempo você é!
 Que altera todas as coisas com seus escrutinadores olhos.
 Por que devora assim o coração do poeta,
 abutre, cujas asas são obtusas realidades?
 Como deveria ele te amar? Ou como pode te julgar sábia
 aquele a quem não deixas em seu vagar
 procurar um tesouro nos enjoiados céus,
 embora se elevasse com intrépida asa?*

*Não arrebataste a Diana de seu carro?
Nem expulsaste às Hamadriades do bosque
para procurar casaco em alguma feliz estrela?
Não arrancaste às Náyades da inundação,
ao Elfo da verde erva, e a mim
do sonho do verão sob o tamarindo?*

A tarefa do cientista e, principalmente, a do professor de Ciências é, então, demonstrar que a ciência não devora o coração do poeta, e que o deixa vagar, e que não expulsa às Hamadriades do bosque. E mais, nem sequer as conhece.

Ciência e cientistas: juntos, mas não revoltados

O problema vem, certamente, de pôr na mesma bolsa a ciência e os cientistas. Estes últimos são profissionais como qualquer outro – como o dentista, o mecânico, o advogado (bom, evitemos os advogados...) –, com uma formação específica e, em muitos casos, bastante extensa. E os cientistas investigam: interrogam o mundo com um método e uma linguagem unívocos, repetíveis e contrastáveis (embora também briguem, construam interpretações, sigam modas, sintam invejas e, às vezes, até colaborem).

Mas a ciência... amigos, a ciência é outra coisa, de maneira nenhuma privativa dos cientistas. Podemos pensar a ciência como uma maneira de olhar o mundo, uma forma de dar explicações naturais aos fenômenos naturais, pelo gosto de entender, de sacudir a natureza com perguntas e ficar assombrados de curiosidade. E, nessa definição, não são necessários os microscópios eletrônicos ou os aceleradores de partículas: está ao alcance de todos os que se atrevam a perguntar os porquês da infância que foram abandonando (porque quebrar o carrinho para ver o que tem dentro é uma atitude absolutamente científica). Finalmente, a ciência é uma atitude; gramaticalmente, seria mais interessante considerá-la um verbo e não um substantivo: um fazer coisas, perguntas, experimentos.

E as aulas, como vão?

A ideia central deste texto é que a única forma de aprender Ciências é fazendo ciência (no sentido de “ciência” que definimos anteriormente e também no sentido de “fazer” que envolve um trabalho intelectual, uma aprendizagem ativa por parte dos alunos). Aqui, costumam expor os “mas” de sempre: que não há boa formação, que os conteúdos são intermináveis e será preciso correr, que não temos um bom laboratório... Todas questões muito pertinentes, mas que nos desviam de nossa verdadeira função docente em Ciências: a de acompanhar os nossos alunos no caminho do descobrimento.

É inegável que os conceitos ou “feitos da ciência” são uma parte substantiva de qualquer projeto de ensino, e as ciências não estão alheias a esta generalização. Sem dúvida que é interessante conhecer e eventualmente revisar estes conteúdos e avaliar sua adequação aos diversos níveis. Entretanto, permito-me duvidar da excessiva ênfase sobre os conteúdos, mínimos, médios, máximos ou extramáximos, como ideias reitoras sobre o ensino de Ciências. É obvio, não nego que é preciso estabelecer um acordo sobre o que ensinar (e o que não ensinar), mas, talvez, por ignorância, parece-me um tanto trivial – além do que, há muita gente que pensou sobre este problema e ofereceu alternativas interessantes e plausíveis. Talvez a falha grave em relação ao ensino das Ciências não esteja tanto no que ensinar, mas em como fazê-lo, sobretudo em como construir as ideias científicas e este particular – e muito poderoso – olhar sobre o mundo.

23

Breve história (da ciência)

Costuma-se dizer que a modernidade percorre, quase de forma superposta, a história da ciência e da tecnologia. Os últimos séculos trouxeram consigo verdadeiras revoluções nessas áreas, herdeiras da revolução científica do iluminismo, com mudanças econômicas e sociais que impactaram o mundo talvez mais que em muitos dos séculos anteriores de épocas históricas. As condições de vida atuais – além das iniquidades sociais que soubemos conseguir – são um fruto direto dos avanços científicos, em âmbitos tais como a alimentação, a saúde ou as fontes de energia.

A história, inclusive, nos ensina a respeito da relação entre as chamadas ciências básicas e aplicadas. Independentemente do tempo que requerem, as mudanças no marco do pensamento científico rendem de forma inevitável seus frutos tecnológicos; assim, podemos relacionar a revolução científica dos séculos

XVI e XVII com a Revolução Industrial que sobreveio séculos mais tarde. Tudo isto, é claro, não passou despercebido para as classes dominantes, que compreenderam muito cedo que “o conhecimento (científico) é poder”, e se dedicaram a fomentar as ciências e suas aplicações com visões que excediam, em muito, a mera diversão de um bom experimento para a hora da sobremesa. Assim, a motivação científica passou de simples e nunca bem ponderada curiosidade para motor do desenvolvimento e, eventualmente, das riquezas pessoais e nacionais.

Efetivamente, até o advento da Revolução Industrial, a ciência e a técnica partiam por estradas separadas. Sem ir mais longe, o termo técnica tem sua raiz grega em uma palavra que se refere a “relativo a uma arte”. O técnico é, assim, quem possui uma habilidade particular, um ofício que passou de geração a geração. No final do século XVIII foi publicada a *História das Invenções*, de Johann Beckmann, que colocou o nome de tecnologia ao conjunto de saberes dos cientistas que contribuíam para a nascente Revolução Industrial.³ Poderíamos dizer que hoje o limite entre ciência e tecnologia é difuso – um fato que costuma escapar a nossos alunos na aula de Ciências, e até em muitos casos, existe uma disciplina tecnológica completamente separada da aula de Ciências.

Neste caminho, o conceito de disciplina científica, que escolarmente se apresenta em forma segmentada, também merece ser revisado em termos históricos. Estas disciplinas, nas classificações com que são conhecidas atualmente, são, na realidade, recentes, com pouco mais de dois séculos de história, e não necessariamente correspondem a um recorte de acordo com diversas visões do mundo, mas, sim, a épocas e interesses que promoveram as divisões de acordo com critérios não especialmente naturais.⁴ Em outras palavras, a delimitação disciplinadora da ciência é, em muitos casos, um fato cultural – mesmo assim, a apresentamos a nossos alunos como profunda e díspar, como se ver o mundo com olhos de físico seja radicalmente diferente de fazê-lo com os de um biólogo.

Nesta história, desempenham um papel fundamental as sociedades científicas, que foram marcando seu próprio terreno a partir do século XVIII, criando, desse modo, revistas de saberes específicos que excluía os vizinhos da frente. Do mesmo modo, as universidades modernas inventam a figura do cientista profissional, aquele que estuda Ciências e recebe um título que lhe habilita a falar em seu nome – toda uma novidade.

³ FERRARO, R.A. Para qué sirve la tecnología / Un desafío para crecer, *Capital Intelectual - Claves para todos*. Buenos Aires, 2005.

⁴ KREIMER, P. De probetas, computadoras y ratones. La construcción de una mirada sociológica sobre la Ciencia. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, 1999. SALOMON, J.J. *Una búsqueda incierta*. Ciencia, tecnología, desarrollo. México: Fondo de cultura económica, 1997. LATOUR, B. *La vida de laboratorio. La construcción social de los hechos científicos*. Madrid: Alianza, 1996.

Então, não há nenhum tipo de etiqueta ou instância em comum que defina a ciência e os cientistas? Uma das respostas a este enigma é dada pelo sociólogo Robert Merton, que propõe, de maneira bastante idealista, que os cientistas devem seu trabalho e seu coraçõozinho ao que chama: a) universalismo, b) comunitarismo, c) desinteresse, d) ceticismo organizado e e) julgamento como pares. Em outras palavras, o científico mertonista é um bom samaritano que deixa tudo por seus semelhantes – algo que bem poderíamos pôr em dúvida nestes tempos em que há pesquisadores que até patenteiam seu próprio genoma... Entretanto, este dilema de idealismo *versus* pragmatismo, passando por todos os cinzas conhecidos, não é nem sequer considerado na ciência da sala de aula em que, como nos *westerns*, todos são bons ou maus, negros ou brancos.

O que é preciso saber, hoje, sobre ciência⁵

Do que falamos quando falamos de ciência? De tubos de ensaio, provetas, gente com guarda-pós e insetos na cabeça? De um objeto de pesquisa que alguma vez alcançaremos? De um discurso de fechamento de campanha? Bom, sim, de todas essas coisas..., mas também de outras muito mais importantes, dessas que se entesouram, que maravilham, que fazem abrir os olhos e cair o queixo e que, definitivamente, fazem-nos ser pessoas melhores. A ciência não é mais que um modo de conhecer a realidade (e digo “um” modo porque, sem dúvida, há outros: quem nunca começou a ler o jornal pela página do horóscopo que atire a primeira pedra), mas de maneira realmente muito poderosa: a pura pergunta. Os cientistas, então, nunca saem da idade dos porquês e, além disso, pretendemos ser contagiantes.

Esse desejo, talvez tenha nascido com os druidas, que estudavam em detalhe o fígado de um carneiro (para o que, convenhamos, é preciso saber bastante anatomia) e aconselhavam o chefe da tribo a castigar os vizinhos da frente, ou com os gregos que acumularam um amontoado organizado de conhecimento (organizado em grego, claro, o qual não nos ajuda muito nestes dias) e que os romanos se encarregaram de latinizar. Mas, aí, chegou a era dos blecautes medievais e a ciência ficou no freezer, e ali teria ficado, se não fosse uma cultura mais moderna que a judaica – cristã (e que hoje goza de muito má reputação) que se encarregou de guardá-la em árabe e preservá-la até que, pouco a pouco, foi se recuperando para o resto do mundo. Já no Renascimento, os pintores e os advogados requereram nossos serviços (os artistas, para poder retratar um

⁵ GOLOMBEK. D. *Atreverse a generar nuevas preguntas*. El Monitor, N. 8, 2006.

corpo humano com maior realismo, e os leguleios porque, ao brilhar a prática forense, era preciso conhecer sobre crânios, hemorragias e outras delícias). Que maravilha terá sido poder descobrir os segredos do mundo (e das estrelas, já que estamos) lá pelo século XVI e afins...

O futuro chegou, há pouco tempo

E logo após esta breve história do mundo em quinze linhas e meia, estamos aqui, rodeados de ciência e de sua filha predileta, a tecnologia. Mais que rodeados, somos dependentes delas, como vimos na entrevista do livro de Michel Houellebecq. Mas, além da fabricação de salsichas ou telefones, quase nenhum de nós tem ideia a respeito dos conceitos que aparecem nos meios como os grandes avanços da ciência:

- a teoria de cordas
- a nanotecnologia
- a energia escura
- as células-mãe
- os organismos geneticamente modificados
- a mudança climática

... e seguem os temas, embora a esta altura podemos concluir que, certamente, nos sirvam para ser imbatíveis na hora do *scrabble*. Algo está acontecendo nas altas cúpulas, que, de repente, nos dirigem linguagens e ideias que nos são completamente alheias, e nos relegam a ser meros usuários ou contempladores. Um momento: é necessário saber do que se trata, e poder tomar decisões conscientes sobre um ou outro tema, e aqui a responsabilidade é dobrada e iniludível. Por um lado, os cientistas devem prestar contas da maneira mais simples: contando o que fazem (ao menos por razões impositivas, já que de algum lado nos vem o salário) e, por outro, a sociedade deveria ser insaciável na hora de querer saber mais. Se algo nos fez evoluir como espécie foi a curiosidade e, como afirma Marcelino Cereijido, a angústia diante do desconhecido, que nos fez querer saber mais para deixar de ter medo, inventar máquinas para vencer a noite, a fome e os fantasmas. Deixar morrer essa curiosidade e não querer saber do que se trata é claramente não evolutivo, e aí bem valem os exemplos dos meninos com o jogo de montar, com o jogo de química, com Meus Tijolos (se é que ainda existem). Por outro lado, conhecer questões sobre buracos negros

ou engenharia genética pode contribuir com maravilhosos temas de conversação capazes de fazer de uma pessoa a alma da festa. Mas...

... a ciência está em outra parte

Parafrazeando o grande cientista (no sentido de “grande perguntão”) John Lennon, poderíamos dizer que a ciência é o que nos acontece enquanto estamos ocupados fazendo outros planos. E talvez isso seja justamente o que é preciso saber sobre ciência: que não é mais que uma atitude inquisitiva, que é romper com o princípio de autoridade (esse que diz que as coisas são assim porque eu as digo, ou o Papa ou o general) e que é atrever-se a questionar, questionar-se e ser questionado. Imagino o terror dos docentes diante deste comentário... e nós o quê, né? O que fazemos com tanta pergunta solta? Muito simples, mas bem desafiante: acompanhá-las, fazê-las crescer, idear experimentos para avançar na névoa e, sim, gerar novas perguntas. A ciência está ali para nos ajudar a tomar decisões, para entender um pouco mais o mundo e, por que não, querer mudá-lo, como corresponde. Embora, acima de tudo, esteja ali para nos tornar melhores pessoas. Quase nada.

27

Os cinco cavaleiros da ciência

O assunto que nos convoca é como levar toda esta catarata de pensamento científico às salas de aula. E sobre esse tema me permito uma contribuição baseada em algumas ideias modificadas do livro *A ciência na sala de aula. O que nos diz a ciência sobre como ensiná-la* (Ed. Paidós, Buenos Aires, 2005), esclarecendo que os verdadeiros autores intelectuais deste crime literário são Gabriel Gellon, Elsa Rosenvasser Feher e Melina Furman. Na segunda parte deste documento, vamos retomar e estender várias destas ideias.

Como podemos aproximar o processo de aprendizagem de Ciências na sala de aula do processo de indagação científica pelos cientistas? Muito simples: tratando de percorrer, na sala de aula, um caminho análogo ao dos laboratórios, por meio de alguns aspectos principais da ciência que, talvez sem sabê-lo, os pesquisadores têm como pilares de sua atividade:

1) Por um lado, é fundamental reconhecer que a forma de entender o mundo é decorrente de observações e dos experimentos. De novo, isso não significa realizar muito complexas operações, muito menos, repetir receitas: trata-se de experimentar permanentemente o que temos à mão (aspecto empírico).

2) Isso vem junto com o modo como esses experimentos são feitos, sua reprodutibilidade, sua sequência, a colocação de hipóteses etc. Respirem tranquilos: estamos falando do “método científico”, tópico favorito dos docentes de ciências (aspecto metodológico).

3) E aqui a coisa se torna mais etérea, porque a ciência também se apoia em conceitos teóricos, ideias, imaginações que talvez muito mais adiante gerem experimentos que os ponham à rigorosa prova (aspecto abstrato).

28

4) Do mesmo modo, não é estranho que as ideias, e até os experimentos dos cientistas, vão contra o senso comum, e nós devemos nos convencer de que a coisa é realmente assim (convenhamos que, todas as manhãs, é necessário nos convenceremos de que realmente é a Terra que se move ao redor do sol, e não o contrário). E isso é particularmente difícil de aprender e de ensinar (aspecto contraintuitivo).

5) Finalmente, não devemos esquecer de que a ciência é feita por pessoas, com suas vontades, modas, invejas, interesses e retóricas particulares. Assim, o conhecimento científico se constrói socialmente por meio das interpretações que a comunidade vai concordando e modificando periodicamente. Esse aspecto social também não pode estar ausente da sala de aula, já que a ciência que fica em casa (ou no laboratório, ou no caderno de notas pessoais) é manca.

Enfim, que tudo isto soa a palavreado, e definitivamente, na sala de aula se veem as ciências, como os pingos. Mas realmente funciona: o transformar a sala de aula em um espaço de criação de conhecimento – não espontâneo nem aleatório, mas, sim, guiado de perto pelo docente, disposto a contribuir com disparadores ou questionamentos aqui e lá – é uma ferramenta que converte a uns meros depositários do saber acadêmico em apaixonados cientistazinhos. Claro que isso requer muito trabalho por parte do docente:

apesar de contraintuitivo, é mais difícil propor e acompanhar (e estar preparado para o labirinto) que baixar a linha da ciência. Do mesmo modo, é um olhar profundamente poético sobre a vida e a possibilidade de entendê-la. A natureza e a vida cotidiana são uma fonte inesgotável de perguntas e de pequenos ou grandes experimentos. A cozinha, a escola, a cama, os atoleiros ou os protestos sociais podem – devem – ser também objeto de pesquisas. Entretanto, este olhar racional não está isento de certo romantismo, embora pareça um paradoxo. Entender um pôr do sol ou conhecer as estrelas não nos priva da poesia de olhá-los e nos emocionar.

NÃO SEI O QUE QUERO (MAS QUERO JÁ)

É certo: no capítulo anterior propusemos um olhar talvez idílico e excessivamente entusiasta da vida científica. Sob essa perspectiva, todos – incluindo particularmente nossos estudantes – deveriam estar desejosos para mergulhar de cabeça na ciência e seus lugares de difícil acesso, de estudar a natureza e seus mistérios. Convenhamos que não é assim e que a ciência – principalmente em âmbitos educacionais – não goza das melhores impressas.

As conclusões das recentes pesquisas de opinião pública sobre ciência são, neste sentido, sombrias. Respostas contraditórias (como afirmar que a ciência é maravilhosa e panaceia de muitos de nossos problemas, para dizer imediatamente a seguir que a ciência nos desumaniza e é fonte de perigos e maus) e uma certa ignorância sobre não só a pesquisa profissional, mas também mesmo conceito de pensamento científico são os resultados que se veem ao longo de múltiplos estratos sociais com diversos níveis educacionais.

Vejam um exemplo: uma pesquisa recente que fez parte de um estudo da Organização de Estados Ibero-Americanos (e do qual também participaram a Fundação Espanhola de Ciência e Tecnologia, o Centro Redes e a Rede de Indicadores de Ciência e Tecnologia - RICyT) indicou um suposto alto interesse por temas de ciência e tecnologia.¹ Mas, ao aprofundar nas perguntas e solicitar exemplos de alguns desses temas, ou instituições do CyT da região, a maioria dos pesquisados ficou muda. A pesquisa foi realizada em diversas cidades ibero-americanas, cujos habitantes diferiram muito ao opinar sobre as prioridades científicas ou o prestígio dos pesquisadores. Houve, sim, um certo acordo em relação ao fato de que os cidadãos participam pouco ou nada na tomada de decisões de ordem pública que impliquem temas científico-tecnológicos.

Segundo Carmelo Polino, pesquisador que coordena esse tipo de atividades, isso responde a uma espécie de “vínculo” no qual a divulgação científica não chega a cobrir os espaços de informação pública sobre temas do CyT, par-

¹ Ver <http://www.oei.es/revistactsi/numero5/articulo1.htm> y <http://www.oei.es/salactsi/Libro.pdf> o www.observatorio.mincyt.gov.ar/docs/Informe_Final_2007.pdf

tindo de assumir uma função que devesse ser própria do sistema educacional.²

E mais, historicamente se exige da divulgação científica a função de educar o cidadão, talvez com o convencimento de que, no sistema educacional atual, esse mesmo cidadão não conta com elementos racionais para julgar a ciência a partir de sua escolaridade básica.

A esta altura está claro que a difusão da ciência em meios de comunicação de massa não deve, nem pode, substituir o papel reitor e fundamental da escola no ensino das Ciências; entretanto, está estabelecido que assim funcionam as coisas. O conceito de fundo parecesse ser que, se os estudantes não aprenderem Ciências na escola, ao menos que se informem sobre as novidades científico-tecnológicas pelos jornais, revistas ou televisão.

A divulgação científica se ampara, assim, em preceitos pró-democráticos. Segundo Albert Jacquard:

*Ao fazer aceitar pela maioria dos adolescentes a certeza de que “não foram feitos para compreender”, que não pertencem ao pequeno grupo dos poucos cérebros privilegiados, os únicos a ter acesso à compreensão da realidade, ao sugerir que tanto seu interesse pessoal como o interesse coletivo necessitam que se resignem a obedecer cegamente, organiza-se uma sociedade fundada sobre a submissão da multidão.*³

A resposta a este fenômeno elitista parece vir, então, do fomento às atividades de divulgação científica, e não da educação, que é a verdadeira fonte da desalfabetização na área. O papel da divulgação científica, na realidade, é complementar ao da educação, e é impossível pensar que a substitua – em todo caso, deveria se promover que esta divulgação ajuda a constituir uma cultura científica na comunidade, desde que seja algo suficientemente crítico para discernir fontes e falácias. Desta maneira, o verdadeiro significado do magro investimento de países latino-americanos (com umas poucas honrosas exceções) no CyT sairá à luz como uma evidência incontestável.⁴ Mas só pode exigir um aumento do pressuposto (para a ansiada meta do menos 1% do PBI) quem tiver recebido educação suficiente para compreender que o olhar mais lógico, racional, justo e previsor que pode ter sobre o mundo é o cientista-tecnológico.

² Ver, por exemplo, POLINO, C. *The wise and the ignorant, or a dangerous distinction for Latin American*. J. Sci Communication, n. 3, 2005

³ JACQUARD, A. *La ciencia para no científicos*. Mexico: Siglo XXI, 2005.

⁴ Ver referências e indicadores em www/ricyt.org

O interesse pela ciência

Voltamos ao cerne do assunto: talvez, e principalmente em ciência, só poderá ser educado aquele a quem lhe gere um verdadeiro interesse pelo tema em questão.⁵ Todo docente sabe que manter a atração por temas científicos é muitas vezes uma tarefa complicada, e existem numerosas estratégias didáticas que perseguem este escorregadio objetivo (que, por outra parte, estão muito bem cobertas na bibliografia e se encontram fora dos objetivos deste documento). É fato que um currículo sequencial e claramente extenso não permite que os estudantes possam exercitar sua curiosidade em algum ponto particular do programa, por isso as aulas vão se afastando paulatinamente de seus interesses. Como veremos mais adiante, a tarefa do docente talvez seja, principalmente, a decisão do recorte programático que permita realizar com os alunos um verdadeiro percurso científico, incluindo a revisão da bibliografia sobre o tema, discussões abertas e, principalmente, um enfoque experimental destinado a satisfazer os interesses que vão aparecendo nos estudantes, disparados pelos conteúdos oferecidos.

33

Está claro que os estudantes que seguem seus próprios interesses estão mais motivados pela aprendizagem,⁶ mas esse interesse deve ser não só motivado, mas também especificamente guiado por um docente que se sinta suficientemente seguro para responder às perguntas inesperadas que vão se apresentando no caminho (embora, muitas vezes, essa resposta deva ser um singelo “não sei”, como sugerem magistralmente Charpak e colaboradores nos fundamentos de seu programa de ensino das Ciências, *As mãos na massa*).⁷

Existem experiências que se baseiam nos conteúdos dos cursos de ciência nos interesses dos alunos, mas está claro que não resultam isentos de complicações – a primeira das quais é que os alunos muitas vezes não têm as ferramentas para identificar os problemas científicos e as metodologias apropriadas. Nesse sentido, se propôs o guia por parte de mentores, que incluem os docentes e também estudantes de outros níveis educacionais que tenham passado por esse tipo de experiência. Outro problema em relação a este olhar é que uma função – chave da escola é abrir horizontes, mostrar aos alunos coisas desconhecidas;

⁵ DENOFRIO, L. A.; RUSSELL B.; LOPATTO D.; LU Y. *Mentoring. Linking student interests to science curricula*. *Science* 318 (5858):1872-3, 2007.

⁶ WOOD, W. B.; GENTILE, J. M. *Enhanced: Teaching in a Research Context*. *Science* 302: 1510, 2003. HANDELSMAN, J. et al. *Scientific Teaching*. *Science* 304: 521, 2004.

⁷ Ver www.inrp.fr/lamap/ e bibliografia.

embora os interesses prévios dos alunos sejam fundamentais, se o ensino da Ciência só se apoia nisto, estaremos dando-lhes poucas oportunidades de expandir seu universo.

O estabelecimento de grupos de pesquisa ao redor de um tema específico derivado dos interesses dos estudantes também resultou em uma experiência não só inovadora, mas também bem-sucedida de acordo com algumas reportagens, em particular no nível universitário (como o citado Denofrio et al., 2007). As visitas a lugares de pesquisa e desenvolvimento, planejadas com antecedência pelo docente, cumprem também com o objetivo de fomentar o interesse dos alunos pelas atividades científicas em seu contexto real. Nestes enfoques, o principal recurso talvez seja o tempo necessário para que o percurso científico seja o adequado, e a mudança cultural envolvida.

Aprender a aprender Ciências

34

Outro divórcio que atenta contra uma boa educação em Ciências é o que existe entre os docentes da área e os pesquisadores a respeito dos processos de aprendizagem, particularmente os relacionados com o conhecimento científico-tecnológico. É certo que essa distância é muitas vezes acentuada pela especificidade destas pesquisas, que suporta um uso (e abuso) de tecnicismos, modelos complicados e outras barreiras que tornam infranqueável o caminho entre a teoria e a sala de aula de todos os dias. Entretanto, seria bom estender pontes entre os que ensinam, os que aprendem e os que investigam como se aprende o que se ensina.⁸

Alguns dos resultados destas pesquisas afirmam que muitas práticas institucionais tradicionais, como as aulas magistrais, ou, inclusive, algumas práticas de laboratório, podem resultar pouco efetivas para fazer com que os estudantes realmente dominem os conceitos fundamentais das disciplinas científicas. Pior ainda, algumas dessas práticas tradicionais não preparam os alunos para a criatividade que se requer para solucionar problemas científicos. Um dos problemas neste sentido é, talvez, a falta de avaliações que objetivamente possam determinar o que é que aprenderam os alunos. Do mesmo modo, não existe uma cultura particularmente inovadora no ensino de Ciências – em muitos casos, trata-se de cobrir um programa no menor tempo possível (e com os menores

⁸ BRANSFORD J. D.; BROWN A. L.; Cocking, R. R. *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Expanded Edition. Washington DC: National Academy Press, 2000. Pode ser encontrado em <http://nap.edu/>

contratempos). Talvez os pesquisadores e docentes especializados em Física sejam os que mais desenvolveram estratégias para ensinar, aprender e comprovar os efeitos de ambas as atividades. Dentro da Biologia, algumas iniciativas como as do Instituto Médico Howard Hughes (www.hhmi.org) orientam-se a combinar pesquisas de ponta em ciências biomédicas com aquelas fronteiras cognitivas sobre o fenômeno da aprendizagem, embora sejam muito recentes para avaliar um possível efeito sobre o ensino da Biologia e disciplinas afins.

Ao menos no papel, os acordos e consensos estão estabelecidos, como o proposto em uma reportagem da Associação Norte-Americana para o Progresso das Ciências (AAAS), de quase vinte anos, no qual diversos painéis acordaram que as reformas em educação de Ciências devessem vir de mãos dadas com um “ensino científico”, isto é, estratégias educacionais que se baseiam no processo de criação do conhecimento científico e que tenham sido comprovadas da mesma maneira que um experimento ou resultados de qualquer pesquisa que se aprecie.⁹

Mas do papel à sala de aula há um longo percurso e, apesar das iniciativas relativamente isoladas, ainda não se chegou à revolução no ensino de Ciências que muitos vislumbravam. É claro: hoje as ciências adiantam que é uma barbaridade, mas com seu ensino não acontece o mesmo. E mais: no nível universitário, às vezes os mesmos cientistas que exigem o maior dos rigores e refutabilidades a seus dados de pesquisa utilizam métodos educacionais que claramente não são os mais efetivos. Em muitos casos, é possível que nem sequer conheçam as pesquisas e provas sobre métodos e estratégias de provado valor – os quais não costumam chegar à bibliografia acadêmica que os pesquisadores leem até no banheiro.

Entretanto, as evidências estão na ordem do dia: é a participação ativa dos estudantes nas aulas, e não a típica transmissão vertical de informação ou o uso de laboratórios apoiados em receituários, o que tende a garantir a aprendizagem de Ciências. O mesmo ocorre com as pesquisas sobre o material impresso que realmente ajuda que os estudantes acompanhem o percurso científico que pretendemos fomentar. Embora nos dedicaremos a esse tema mais adiante, vale a pena apresentar algumas questões sobre o que ler para entender e saborear a ciência.

⁹ AAAS, Science for all Americans: A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology. Washington, DC: AAAS, 1989.

Os livros e a ciência

Os livros, então, são outra história (ou outra leitura). Embora os textos de Ciências para diferentes níveis educacionais (particularmente para os níveis iniciantes) experimentaram uma esperada transformação na última década, não resta dúvida de que não seriam o material de leitura favorito para um estudante que estivesse viajando em um trem de volta à sua casa. Uma das grandes perguntas é o que faz de um livro de Ciências (não necessariamente de texto) uma leitura interessante? Existe uma excelente escola, principalmente norte-americana, de produção de livros de “divulgação científica” de publicação maciça, que muitas vezes são um êxito editorial. Entre eles, estão ídolos como Oliver Sacks, Stephen J. Gould ou Richard Lewontin (além dos clássicos Asimov, Sagan ou Paul Davies). Inclusive, vale mencionar aqueles autores com os quais alguém pode não concordar, mas que não se pode deixar de admirar por sua escrita e a beleza de seu estilo, como Richard Dawkins, Matt Ridley ou Antonio Damasio. Isso, sem esquecer os queridos autores latino-americanos como Marcelino Cereijido, Roberto Lent ou Ruy Perez Tamayo.

36

O que é que faz que seus artigos, principalmente seus livros, sejam tão maravilhosos? É impossível sabê-lo, pois trata-se de uma sensação puramente subjetiva (assim como, para outros, o maravilhoso estará nos livros de Paulo Coelho ou Harry Potter), mas acredito que haja em comum dois elementos. Primeiro, ninguém pode duvidar de que Sacks ou qualquer dos outros falam e opinam com o peso de especialistas em sua disciplina, além do que alguns deles escrevem maravilhosamente. Mas, além disso, e isto é a novidade, são capazes de transmitir esse entusiasmo quase infantil e apaixonado por seus temas de interesse. Ninguém fica ileso após ler a história de Darwin escrita por Gould, ou de meter-se na pele dos pacientes de Sacks, no tempo e os tempos de Cereijido ou na discussão da ideologia do projeto genoma humano esgrimida por Lewontin.

Claro, são exceções: nem todos os livros de “divulgação científica” são escritos pelos maiores especialistas no tema. No mundo anglo-saxão existe o rótulo de “escritores científicos” para quem se especializa em narrar histórias da ciência e dos pesquisadores. E, às vezes, o fazem muito e muito bem. Pode ser que os livros “de texto” precisem contagiar-se desse mesmo entusiasmo, enquanto as incipientes tentativas de divulgação do continente estão se espreguiçando.

PERCORRER A CIÊNCIA NA SALA DE AULA

Os caminhos do ensino de Ciências

Embora seja claro que as propostas vão se modificando e que cada época tem suas palavrinhas de moda em didática, há conceitos subjacentes que se mantêm por sua óbvia importância. Assim, uma das grandes discussões gira em torno do dilema conceitos *versus* metodologia; ninguém nega a importância de ambos, mas existem grandes discussões a respeito de onde pôr a ênfase – assumindo que seja possível dissociar ambos os conceitos. Na realidade, é difícil separá-los, já que a aprendizagem por parte dos alunos é um processo integral, que não diferencia o que ensina de como se ensina. Entretanto, a ambos os tópicos – centrais na educação – lhes dedicaram volumes e volumes, até enciclopédias, com novidades que vão aparecendo periodicamente. Além de discussões completamente estúpidas, como a de se incluir ou não “teorias” como a do desenho inteligente no currículo escolar, ou considerar que a Teoria da Evolução deva ser ensinada como “uma visão a mais” da vida sobre a Terra, o certo é que resulta muito saudável reconsiderar os conteúdos dados em aulas de Ciências, à luz das novidades que vão se produzindo na pesquisa. Entretanto, e em termos mais futebolísticos, se não houver base, de nada servirá bombardear os alunos com o último grito das Ciências Naturais. O que é a base, então? Novamente, compreender o processo de aquisição de ideias e conhecimentos científicos; para isso, a metodologia do ensino cobra um papel preponderante, quase como um conteúdo a mais. Quanto aos conteúdos clássicos, podemos citar, ao menos, dois eixos nos quais se centram as discussões:

- a) Sua estrutura lógica, tanto atravessando os diversos níveis educacionais como dentro de um ciclo em particular. Todavia, este fato deve ser permanentemente cotejado com o que ocorre verdadeiramente na sala de aula, que muitas vezes pode estar a anos-luz do que figura no papel dos programas, ministérios e senhoras inspetoras.
- b) Sua inter-relação quanto à árvore de Ciências: o mesmo conteúdo

pode ser abordado de uma perspectiva disciplinadora particular, e esta fragmentação conspira contra a compreensão cabal dos temas em discussão. Não será demais recordar que a divisão disciplinadora das ciências é arbitrária e artificial – e isso costuma acontecer desta mesma maneira na sala de aula. Essa inter-relação, de acordo com algumas escolas mais modernas, pode e deve ser enfocada com outras grandes áreas do conhecimento (como a literatura e as humanidades).

c) A eleição dos núcleos de cada disciplina (também chamados conceitos estruturantes ou ideias – força).

38

Outras duas questões permanentes nos âmbitos em que se discute o que ensinamos nas aulas de Ciências são os temas das avaliações (o que queremos que saibam os alunos de Ciências Naturais, e como fazemos para saber se souberem o que queremos que saibam) e, de forma paralela, como enfrentar a influência dos conhecimentos prévios dos estudantes (e, principalmente, como trabalhar a partir deles). Este último ponto teve um novo impulso a partir da globalização do conhecimento por diversos meios, com internet à frente como a mãe de todos os vícios. Efetivamente, poderíamos afirmar que as primeiras pesquisas em didática de Ciências se centravam nas preconcepções sobre diferentes temas; entretanto, atualmente, a ênfase está colocada em explorar como ensinar a partir delas.

Evidentemente, se de Ciências Naturais se trata, talvez, hoje já seja um lugar comum que a única alternativa possível é aquela que se vale extensivamente do laboratório e da resolução de problemas (embora caberia explorar quão convencidos estão os docentes a respeito desse fato). De novo, uma coisa é a teoria e o consenso, e outra é observar a aula de Física ou Química no final do segundo semestre, quando se deve cumprir com o programa pré-estabelecido, e o pressuposto não é suficiente para comprar um sal de cobre, obrigando o docente a – horror – dar essas aulas magistrais que tão mal se veem nos textos de didática de Ciências.

As ciências têm uma lógica própria quanto a seus processos de escritura e leitura, e estes enfoques foram incorporados pela didática contemporânea na área. Esse é um tema discutível e passível de diferentes opiniões: ninguém pode negar as particularidades do rigor e da falta de ambiguidade da linguagem científica, que deve ser enfatizada nas aulas; entretanto, muitas vezes, se esquece na sala de aula de Ciências de que as disciplinas têm uma retórica particular, uma arte de convencimento (seja por meio dos *papers*, das conferências,

dos pedidos de financiamento) que se aproxima definitivamente de qualquer outra prática de leitura e escritura. Como veremos mais adiante, em geral, as palavras “tampam” os conceitos: nas aulas de Ciências, costumamos dar nome às coisas sem que se tenham compreendido primeiro fenômenos.

Talvez, as pesquisas mais contemporâneas sobre didática em Ciências trocaram um pouco o foco do assunto, interessando-se mais pelo que se passa na cabeça dos alunos quando aprendem – ou tentamos fazer com que aprendam—: que estratégias de raciocínio utilizam, como vão variando seus processos cognitivos (incluindo os metacognitivos, algo assim como o aprender a aprender e ser consciente disso). E, neste caso, misturam-se os avanços das ciências cognitivas com certas concepções epistemológicas a respeito de como se adquire a ideia mesma do conhecimento científico – algo que se conhece como “a natureza da ciência”.¹ Para lá vamos.

Isso mesmo: a natureza da ciência

39

Não, ninguém pretende que os professores de Ciências Naturais devam converter-se em epistemólogos (no final das contas, alguém sabe o que é um epistemólogo e a que se dedica exatamente?). Entretanto, a entrada triunfal desse ramo filosófico, com as contribuições da sociologia da ciência às discussões sobre ensinar e aprender Ciências, acrescenta interessantes lenhas ao fogo de Prometeo.²

Nesse sentido, está claro que os conteúdos habituais tratam de fatos da ciência, e não sobre a ciência em si (esse olhar sobre o mundo que mencionamos em capítulos anteriores). Entretanto, a discussão a respeito do que é e como funciona “a ciência” está notavelmente ausente nas salas de aula; o que se vê amplamente corroborado nas pesquisas de percepção quando se pergunta a respeito dos arquétipos do cientista, na maioria dos casos, próximo está ao cientista louco, movido por escusos interesses, sempre masculino, quase sempre desarrumado (vejam as pesquisa já citadas do SECyT-RICyT). Na ausência desse enfoque, o que se ensina nas aulas de Ciências está, necessariamente, divorciado da realidade, já que oferece a visão de um conhecimento acabado

¹ ADÚRIZ-BRAVO, A. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.

² Ver MATTHEWS, M. *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Londres: Routledge, 1994. MCCOMAS, W. *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Kluwer, 1998. Vázquez et al., 2004, em <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>

e perfeito, quase dogmático, afastado do que costuma ocorrer (isto é, sem entrar em considerações a respeito das questões internas de cada disciplina em particular, com suas modas, seus dogmas, suas regras e demais).

A questão é, claro, como encaixar o tema da natureza da ciência dentro do currículo escolar – e não é um assunto menor, já que toda subárea anda às cotoveladas para obter seu lugar dentro das aulas. Entretanto, o consenso é que os alunos devem compreender do que é feito o conhecimento científico – a diferença do conhecimento popular, ou o artístico, não menos válidos, mas, sim, radicalmente diferentes – ao mesmo tempo em que conhecer os fatos da ciência.³ Claro que esta área é particularmente complexa – basta recordar que nela abrigam não só cientistas e docentes, mas também especialistas em educação, filósofos, sociólogos e outros; em resumo, uma verdadeira torre de Babel na qual é difícil chegar a um acordo.⁴ Mais ainda: na maioria dos casos, as instâncias de formação docente tocam a área da natureza da ciência de maneira só superficial, detendo-se com maior detalhe nos conteúdos disciplinares específicos, por isso é pouco provável que esta visão se estenda para a aula de Ciências propriamente dita.⁵

40

Segundo Adúriz Bravo (2005), o conjunto de disciplinas que contribuem para este conceito de “natureza das ciências” (incluindo a sociologia, história ou filosofia da ciência) tem uma incidência positiva no ensino, já que:

1. proporcionam uma reflexão crítica sobre o que é o conhecimento científico e como se elabora, que permite compreender melhor os alcances e limites da ciência como produto e como processo;

2. humanizam a ciência e a aproximam, de forma motivadora e atraente, aos que não serão cientistas;

3. fazem ver que as ciências são parte do acervo cultural humano e do patrimônio coletivo transmitido às novas gerações;

³ ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. *Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. International Journal of Science Education*, 22, 665-701, 2000. MCCOMAS, W. F.; Olson, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: MCCOMAS, W. F. (Ed.). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Kluwer Academic Publishers, 1998. (p. 41-52).

⁴ Osborne e colaboradores enfatizam o fato de que em todo comitê sobre conteúdos de ensino de Ciências se discute amplamente sobre estas necessidades, entretanto, quase nunca se chega a um acordo; nem sequer há evidências empíricas das mudanças que supõe incluir a natureza da ciência no currículo. OSBORNE, J. et al. What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720, 2003.

⁵ E mais: sequer há consenso amplo sobre a denominação própria desta área: natureza da ciência, ideia sobre a ciência ou atitudes relacionadas com a ciência. Recebem-se propostas...

4. *constituem uma produção intelectual valiosa, que deveria ser parte da formação integral das cidadãs e cidadãos;*
5. *proveem ferramentas de pensamento e de discurso rigorosas, como a lógica e a argumentação;*
6. *ajudam a superar obstáculos na aprendizagem dos conteúdos, procedimentos, métodos, atitudes e valores científicos;*
7. *permitem aos professores e professoras de Ciências Naturais um olhar mais completo e robusto em relação às disciplinas que ensinam e aos vínculos delas com outras áreas curriculares;*
8. *geram ideias, materiais, recursos, enfoque e textos para planejar um ensino de Ciências mais significativo; e*
9. *facilitam a estruturação dos currículos da área de Ciências Naturais ao permitir reconhecer os modelos “estruturantes” de cada disciplina.*

41

Tudo muito bonito e inegável, mas... factível? Talvez só seja possível no marco de exemplos concretos que incorporem uma visão histórica sobre o ensino de Ciências, que deem lugar aos aspectos “tradicionais” de tal ensino (em particular, os experimentais, tanto em laboratório como na resolução de problemas), cuja interpretação inclua a exercitação ativa na reflexão sobre o conhecimento que se produz e adquire. Novamente: método, método, método, mais que o mero conteúdo cientista. A epistemologia só contribuirá e influirá na sala de aula quando se referir a feitos concretos que requeiram de uma “metainterpretação” que jogue luz sob o que se está construindo e cozinhando no laboratório ou a discussão científica.

Sejamos realistas: esse tipo de questões costumam abordar-se nas primeiríssimas aulas das diferentes disciplinas científicas, e em todos os níveis educacionais: que curso de Ciências não começa, no início do ano, falando sobre a ciência, os cientistas, os diferentes tipos de conhecimento e demais, para logo enrolá-lo prolixamente debaixo do tapete e dedicar-se “ao importante”, isto é, o que costuma ocorrer dos tubos de ensaio e dentro dos microscópios? Em outras palavras, o desafio é, então, incorporar esta natureza da ciência como uma

reflexão permanente ao longo de todo o curso de Ciências, que incorpore o contexto no qual se realiza todo o descobrimento científico – tanto o que tem a obrigação de ser original, no âmbito “real” dos pesquisadores, como a criação recorrente de conhecimento científico na sala de aula.

Conhecer-se a si mesmo: a metacognição na aprendizagem de Ciências

Se quisermos que alguém aprenda algo, é bom saber como se incorpora o conhecimento na cabeça do consumidor. Neste sentido, há numerosas pesquisas a respeito de estratégias para a resolução de problemas, tanto na vida real, na do laboratório, ou na da sala de aula (se com isto se entende que a vida do laboratório ou a da sala de aula não são “reais”, o raciocínio corre por conta do leitor).

O assunto, no fundo, é um dos mais profundos com que se deparam tanto os cientistas profissionais como os alunos de qualquer nível: saber o que é o que se sabe (ou não cair no problema de não saber que não se sabe). Saber que não se sabe nada, como o velho axioma socrático, já é um bom começo, embora as ideias prévias e as concepções sobre o universo com que todos viemos, se não ao mundo, ao menos à sala de aula, claramente interferem na possibilidade de uma *tabula rasa* sobre a qual construir o conhecimento científico. Embora todo o “meta” se desvaneça no ar, vale a pena começar por alguma definição a respeito da metacognição, como a seguinte:

A metacognição se refere ao conhecimento que alguém tem sobre os próprios processos ou produtos cognitivos ou sobre algo relacionado a eles, quer dizer, as propriedades da informação ou os dados relevantes para a aprendizagem. Por exemplo, estou comprometido em metacognição (metamemória, meta-aprendizagem, meta-atenção, metalinguagem etc.), se percebo que tenho mais problemas ao aprender A que ao aprender B, se acontece que devo comprovar C antes de aceitá-lo como um fato... A metacognição se refere, entre outras coisas, ao controle e à orquestração e regulação subsequente destes processos.⁶

É certo: algo acontece quando o aluno descobre a regra que lhe permite

⁶ AFLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNICK L. B. (Ed.), *The nature of intelligence*, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1976.

entender certos processos aparentemente dissímiles entre si; quando consegue discernir um padrão de regularidade e, imediatamente, visualiza o que escapa à regra; quando aplica conceitos de teoria da mente para compreender um fenômeno da natureza.⁷ Do mesmo modo, a metacognição está presente quando um aluno é capaz de prever um resultado a partir das observações ou experimentações prévias – momento sublime na vida de todo cientista em potencial. Este processo é um “Eureka”! como tantos outros, mas é necessário que conte com o fomento estratégico e a guia – embora oculta – do docente, escondido atrás dos experimentos, esperando oferecer a palavra ou a pergunta justa para que o cérebro do estudante fique como se estivesse tremendo por um momento. Campanário (2000) propõe uma série de estratégias – algumas óbvias, outras mais interessantes – para desenvolver esta metacognição na aula de Ciências.⁸ Vale a pena as particularizar. Por exemplo, para saber o que sabem, os alunos poderiam:

- a) resolver problemas com soluções contraintuitivas;
- b) prever o que vai ocorrer no próximo experimento;
- c) realizar modelos materiais do que andam elucubrando;
- d) levar um diário científico para anotar tudo o que lhes passar pela cabeça;
- e) questionar o conhecimento adquirido; e
- f) perguntar, perguntar, perguntar.

43

Por sua vez, o bom professor metacognitivo poderia, entre outras questões que talvez se excedam em tecnicismos com pouca possibilidade de ancoragem real na sala de aula:

- a) mostrar aos alunos os objetivos do processo de ensino/aprendizagem;

⁷“Qual é a pautas que conecta o caranguejo à lagosta, a orquídea à rosa, e os quatro comigo? E a mim e a vocês com a ameiba, em um extremo, e com o esquizofrênico no outro?”, pergunta-se Gregory Bateson em seu apaixonante livro *Espírito y Naturaleza* (Buenos Aires, Amorrortu: 1982).

⁸CAMPANARIO, J. M. El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias* 18: 369-380, 2000.

- b) insistir no componente problemático do conhecimento;
- c) aplicar os conhecimentos científicos à realidade cotidiana;
- d) utilizar permanentemente as metaciências (História, Filosofia, Sociologia) no ensino;
- e) desenvolver enfoques multidisciplinares; e
- f) usar a avaliação como instrumento metacognitivo.

Certamente muitos docentes de Ciências adotam estas estratégias de forma intuitiva e, nestes casos, como vamos dizendo, de pouco vale pô-la em tecnicismos e outros “ismos”. Entretanto, dado que não cabe dúvida, a capacidade de ensino é uma arte que se adquire por imitação (de nossos professores, de nossos colegas), às vezes vale a pena particularizar o óbvio para fazer insistência em algumas práticas particularmente bem-sucedidas.

44

As palavras e as coisas⁹

A gente não pode se cansar de apresentar o empirismo permanente como a melhor estratégia para abordar o ensino de Ciências Naturais. Entretanto, a maneira como chegamos à fase experimental da aula é fundamental para que se tire o maior proveito deste aspecto da ciência. Em geral abusamos das descrições prévias à experiência e, sobretudo, da utilização de definições que, antes de compreender os fenômenos, carecem de sentido. A ciência e, particularmente, o desenvolvimento de disciplinas particulares, possuem um jargão incompreensível, e os cientistas costumam estar orgulhosos, como se manusear esse dicionário de tecnicismos fosse um passaporte para o conhecimento. O risco é exportar esta terminologitis para sala de aula de Ciências; a maneira como introduziremos esta terminologia terá um profundo impacto na ideia que os estudantes farão da ciência e seus modos de trabalho.

É muito comum que o docente apresente a aula com algum conceito definitivo: por exemplo, “hoje estudaremos a carga elétrica”. Intuitivamente, todos

⁹ Que embora não representem uma arqueologia das Ciências humanas (Foucault, 1966), sim, podem ajudar a compreender uma arqueologia do ensino das Ciências.

sentirão que compreendem do que se trata, ao menos intuitivamente, e até arriscarão algum tipo de definição operacional (“isso que corre pelos cabos de eletricidade” etc.), mas na maioria dos casos redundará em tautologias ou palavras carentes de significado objetivo (“isso”). A partir daí se encadeia uma série de equívocos e subentendidos que conspiram contra a aprendizagem, já que se parte de algo que supostamente é conhecido, porém é impossível de relacionar com fenômenos da natureza. Uma aula de Ciências não deve procurar dar significado aos termos. Pelo contrário, os termos devem cunhar-se justamente para poder referir-se a fenômenos presenciados e ideias formuladas que se conhecem, mas que ainda não foram nomeados.¹⁰

Nomear um fenômeno, até com o mais pomposo e elegante dos nomes, não é entendê-lo – e às vezes é justamente o contrário. No exemplo de carga elétrica, é bom recordar, por exemplo, que falar de carga “positiva” ou “negativa” é uma convenção histórica para explicar o chamado efeito âmbar – o mesmo será falar de carga branca e carga negra, ou de cargas doce e salgada.¹¹

É muito diferente começar uma sequência didática apresentando um fenômeno – simples ou complexo, espetacular ou cotidiano – e realizando experiências referidas a esse fenômeno em particular. Depois de tudo, a Ciência se fundamenta na observação e manipulação experimental desse tipo de fenômeno natural, e já sabemos que estamos tratando de fazer ciência na sala de aula. Uma vez atados e desatados os fenômenos, os estudantes poderão ter uma ideia bastante concreta sobre o fenômeno em estudo: em certas condições se comportam desta maneira, descreve-se de acordo com estas variáveis etc. Uma vez que se desmistifiquem o fenômeno e as ideias sobre ele, é um bom momento para introduzir os conceitos terminológicos e as definições, que agora terão um sentido concreto: servirão para nomear o que já conhecemos. O uso dessa sequência, que vai dos fenômenos naturais aos nomes técnicos, pode tornar-se explícito aos estudantes de modo que se some conscientemente ao esforço de pensar nas primeiras ideias e dispor dos termos técnicos quando for adequado.

¹⁰ GELLON et al., *Ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós, 2005.

¹¹ O físico Richard Feynman costumava contar que sua forma de pensar teve uma enorme influência de seu pai, que respondia a suas perguntas sobre o nome das coisas (como os pássaros que se encontravam em suas caminhadas) dizendo que “não importa como se chamava; o que importava é que era marrom com o peito amarelo, e tinha o tamanho de um pardal e vivia em um clima frio...”

Ensinar Ciências: faz-se caminho ao caminhar

A esta altura da partida fica claro que tão importante quanto os fatos da ciência é a maneira como um aluno (ou, no caso, um futuro docente) constrói sua própria visão científica do mundo. Embora isso se fundamente em orçamentos classicamente piagetianos, para ressaltar a pouca eficácia de insistir em difíceis labirintos da linguagem (e, de passagem, para não colocar em evidência a ignorância do autor sobre estas bases), vejamos a contribuição do construtivismo pedagógico em concreto para nossas aulas de todos os dias.

Começemos pelo óbvio: o enfoque lúdico dos primeiríssimos níveis educacionais não tem, nem tem por que fazê-lo, um objetivo de ensino de Ciências. E ao melhor estilo “Três Patetas” – “um pouco disto, outro daquilo... e o que se tem?”. Entretanto, a mesma experiência (misturas, soluções, dispersões etc., por exemplo) aplicada em diversos níveis vai arrojar resultados completamente diferentes quanto à apropriação de conceitos e procedimentos por parte dos alunos e, sobretudo (no que o aprendizado de Ciências se refere), às perguntas que disparem a experiência, como uma porta para ir jogar e experimentar além da ordem inicial. É importante destacar que é nesses primeiros anos que se constrói (ou deveria) o gosto pela ciência, por experimentar, por observar com mais detalhe o que temos diante de nossos olhos e tratar de entender por que acontece o que acontece.

Do mesmo modo, como afirma Laura Fumagalli, focalizar o olhar na construção desses conhecimentos não significa relegar os aspectos afetivos presentes no ensino.¹² Do mesmo modo, e seguindo esta autora, embora neste texto ressaltamos a fundamental importância que tem o fazer na aprendizagem de Ciências – fazer experimentos, fazer perguntas, construir modelos –, “ninguém pode negar que os alunos fazem algo” (na aula de Ciências), “mas esse fazer não necessariamente significa em todos os casos uma ação cognitiva”. A verdadeira mudança, a busca da construção neste processo, dá-se quando as atividades apontam para que o aluno se aproprie do conhecimento científico, recreie-o, invente-o e transforme-o.

Isto, como não podia ser de outra maneira, também recebe seu nome próprio no país da didática: é a aprendizagem de Ciências pelo descobrimento. Não é nada novo, mas, sim, vem dos psicodélicos 1960 e 1970, anos quando o mundo experimentava na própria carne numerosas novidades, não cabia outra

¹² FUJAGALLI, L. *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Troquel, Buenos Aires, 1993.

possibilidade do que contagiar esse afã de experimentação e descobrimento à sala de aula de Ciências. Escutemos, se não Piaget, com ouvidos de século XXI:

*Cada vez que se ensina prematuramente a um menino algo que tivesse podido descobrir sozinho, impede-lhe de inventá-lo e, conseqüentemente, entendê-lo completamente.*¹³

Estas ideias revolucionárias levaram a se postular nesses anos dourados a possibilidade da aprendizagem pelo descobrimento. Em seu momento isto representava a panaceia e o escudo contra os processos tradicionais de aulas magistrais, memorização e repetições automáticas de experimentos de duvidosa formalidade. Esta postura põe uma ênfase quase absoluta nos procedimentos sobre os conteúdos concretos, a ideia – muito seiscentista, se a houver – é sair a observar o mundo e formular hipótese em forma absolutamente ingênua.

Justamente, esquecia-se de que nossos queridos animaizinhos vêm com suas ideias na cabeça, que não necessariamente se modificam por observar atentamente algo que vai contra essas mesmas ideias. Todavia, a ideia de aprendizagem por descobrimento, levada a extremo, pretende que a realidade mesma nos “diga” como funciona o mundo, incluindo questões realmente complexas que os cientistas levaram séculos para entender. Talvez nisto radique uma das maiores deficiências do modelo: por mais que olhe durante muito tempo como flutua um objeto, é muito pouco provável que um menino, sozinho, entenda o fenômeno da flutuação e o impulso. Talvez o problema seja, como tantas outras vezes, a distinção absoluta entre extremos. Em questões de ensino, Ausubel e colaboradores¹⁴ sugerem que estes extremos poderiam ser os de aprender de cor versus aprender algo significativo. Mas daí a pensar que o ensino tradicional é sempre memorístico e que o de descobrimento é sempre significativo, há uma distância bem grande. Seja como for, além das críticas que formularam até deixá-la um tanto humilhada em um canto, a aprendizagem por descobrimento vai se aproximando, pouco a pouco, de um enfoque educacional que finalmente se aproxima da ciência. Aprender a descobrir é, além de fascinante, um caminho de ida que, felizmente, não volta mais. Não é casual que dois filhos diretos deste enfoque de ensino de Ciências sejam a aprendizagem por indagação e as aprendizagens por resolução de casos ou de problemas.

¹³ PIAGET, J. Apud POZO J. I.; CARRETERO M., *Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?* Infancia y Aprendizaje, 38, 35-52, 1987.

¹⁴ AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

Fazer ciência para aprender Ciências: aprendizagem por indagação

Quando pensamos em “fazer ciência na sala de aula”, certamente recordamos o famoso método científico com o qual muitos de nós fomos bombardeados em nossa época escolar. A ciência, em forma caricaturada, seria uma receita infalível segundo a qual é preciso ficar firme e 1) observar; 2) hipotetizar; 3) experimentar; 4) deduzir e voltar a começar, tudo isso sem repetir, sem soprar, sem pular nenhum passo nem alterar sua ordem “natural”. É como se a ciência estivesse composta de numerosas reiterações desse famoso método, independentes entre si e sujeitas a uma ordem quase preestabelecida. É mais: onde não há ordem, parece que não há ciência, não há nada.¹⁵ Os famosos “anarquistas cientistas”, com Paul Feyerabend à cabeça, vão muito mais além, chegando a propor que a única maneira de a ciência ir diretamente contra o método científico é encontrando caminhos alternativos e desordenados.¹⁶

48

Como sempre, em meio destas pontas há um novelo, o qual devemos começar a desenrolar para poder ensinar a pensar cientificamente na sala de aula. Uma das possibilidades é a do “ensino por indagação”, em que os alunos se vestem de cientistas – e o docente, de professor de cientistas, fato nada menor – e percorrem as etapas de produção de conhecimento científico; nesta versão, os alunos são atores ativos na geração do conhecimento.

O que se “indaga” nessa aprendizagem? Algo similar ao que ocorre na ciência profissional: de uma observação, ou de uma situação exposta pelo docente, a sala de aula se converte em um laboratório de perguntas, ideias e experimentos. Aqui a palavra do docente é fundamental para orientar esta indagação para campos férteis e criativos (até sem ser inesperados). Segundo Furman e Zysman:¹⁷

Pensar cientificamente requer a capacidade de explorar e fazer perguntas ao mundo natural de maneira sistemática, mas ao mesmo tempo criativa e brincalhona. Implica poder imaginar explicações de como funcionam as coisas e procurar formas de colocá-las à prova, pensando em outras interpretações possíveis para o que vemos e usando evidências para dar sustento a nossas ideias quando debatemos com outros.

¹⁵ Segundo Bertold Brecht, “Atualmente o que há sobre toda ordem, onde não há nada, é uma deficiência aparente”.

¹⁶ FEYERABEND, P. *Tratado contra el método*. Madrid: Tecnos, 1975.

¹⁷ FURMAN, M.; ZYSMAN, A. *Ciencias naturales: aprender a investigar en la escuela*. Buenos Aires: Novedades Educativas, 2001.

No fundo, como em toda boa aula de Ciências, trata-se de aprender a conhecer – e isto não é nada fácil, requer treinamento e estratégias bem-sucedidas. O desafio para o docente é duplo: ser mais um dos indagadores e, ao mesmo tempo, mas de maneira muito sutil, conseguir orientar todo o processo sobre a base dos objetivos que se traçaram previamente. No caminho existirão numerosas situações inesperadas nas quais devemos sorrir e confessar que não sabemos a resposta às perguntas de nossos estudantes, o que constitui um dos momentos mais fascinantes desta aprendizagem guiada. Em “Os meninos e a Ciência”, no qual Charpak, Léna e Quéré contam a história da “Mão na massa”,¹⁸ aparece esta fábula a propósito do uso do não sei, cujos problemas são claramente universais:

Dizer “não sei” perturba as ideias tradicionais da educação. Quando eu era aluna, nunca encontrei nem um só professor que confessasse não saber. O ofício de professor está destinado a transmitir uma moral, oferecer competências, desfazer nós: nenhum problema deve resistir ao professor. O “não sei” é uma humilhação, nenhum aluno voltará a respeitá-lo. Quando eu mesma me tornei professora, pensava que tinha que representar totalmente esse papel, dar uma boa imagem do meu saber. Se ocorresse que não soubesse, devia esguelhar habilmente a pergunta para que os alunos não se apercebessem: um aluno tinha construído um moinho com engrenagens, mas não girava.

Hoje em dia, em vez de lhe dar a resposta em seguida (a distância dos dentes não é regular), como fazia então, dir-lhe-ia: Vamos procurar juntos. Dar a resposta imediatamente torna os alunos passivos, deixá-los com a pergunta lhes dá um papel central, onde querem mostrar que procuram e sabem muito disso. Libertam-se do pensamento do professor e dão livre curso à sua imaginação. Vou contar-lhes uma fábula:

“Um gatinho pergunta a um gato velho:

– O que tenho que comer?

– Os jovens podem lhe ensinar isso – responde este. O gatinho vai ver os vizinhos; na primeira casa, o dono esconde a carne em seguida; na segunda, esconde o pescado.

O gatinho se pergunta:

– Por que, logo que chego, escondem tudo? Já compreendi, têm medo de que coma o que escondem, assim certamente trata-se do que tenho que comer.

¹⁸ CHARPAK, L.; LÉNA, P.; QUÉRÉ, Y. *Los niños y la ciencia*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores, 2006.

O gato velho sabia que é preciso praticar para compreender: logo, enquanto o gatinho viver sozinho, terá que encontrar ele mesmo o que pode comer. O gato velho sabia que era preferível calar-se.”

[...]

Se escalarmos a montanha, não é porque somos alpinistas; se tocarmos música, não é porque somos profissionais. Até no primeiro grau da escola primária há perguntas difíceis que os meninos formulam, como: Por que a água da torneira é transparente? Por que o céu é preto de noite? Por que o cabelo de meu avô ficou branco? Não saber é normal. Com segurança, os professores sabem mais que os alunos, mas isso não significa que saibamos tudo, nem que sempre mostremos o que sabemos... Devemos ser como diretores. Os meninos procuram, nós os guiamos; eles encontram, logo compartilhamos a sorte do descobrimento. Dizer “não sei” parece levemente fácil, mas na realidade é difícil, porque sempre estamos influenciados pela concepção tradicional. Definitivamente, é a experiência que lhe ensina a verdade.

Zao Zingyi, professora no Dalián, China

A atitude indagatória (e não inquisitória...) implica também uma mudança radical nas relações dentro da sala de aula: já não necessariamente serão os mesmos os alunos que brilharão por seus conhecimentos ou sua memória, mas, sim, poderão revelar outras capacidades, acaso mais ocultas, de quem tem seu próprio ritmo de pensamento e dedução. Claro que isso implica um desafio adicional: obter uma comunidade de inquisidores na qual todos participem da construção do conhecimento científico.

O ponto-chave deste enfoque é, certamente, o guia: os alunos não tendem a descobrir por si só, de forma espontânea, as leis fundamentais da natureza, qual newtonzinho ao pé de macieiras estrategicamente colocadas ao longo da sala de aula ou no laboratório. De forma mais popular: não damos peixes, mas sim, deixamos à mão as redes, varas e anzóis para que “descubram” a arte da pesca. O momento do descobrimento – dessa carinha assombrada porque compreendeu ou, mais precisamente, inventou o mundo pela primeira vez – é simplesmente sublime.

Existem dois enfoques alternativos para este tipo de ensino: por um lado, aquele que responde às indagações abertas, baseadas nas perguntas iniciais dos alunos que, guiados pelo docente, ordenam e escolhem seus pontos de curiosidade e propõem maneiras de resolvê-los experimentalmente. No outro lado estão as indagações “fechadas” ou guiadas, nas quais a ordem inicial

parte do docente, que estrutura o caminho a seguir. Ao longo de um curso de Ciências de qualquer nível, o caminho ideal é o que percorre as indagações de fechadas a abertas, no afã de obter estruturas de pensamento científico independente, ou ao menos tentá-lo.

O nó de tudo isto é, claramente, o tipo de pergunta a introduzir na aula. Estas questões podem vir de múltiplas fontes: o que os alunos conhecem dos meios de comunicação, perguntas abertas dos livros de texto e, principalmente, aquelas que o docente considera essenciais para levar a bom termo a indagação de um tema particular. Existe inclusive uma proposta de elaborar o currículo ao redor das perguntas fundamentais para um tema científico determinado, de uma perspectiva histórica que permita aos alunos um jogo de papel, ficando no lugar dos primeiros que se perguntaram por algum fenômeno da natureza. Este enfoque baseia-se na chamada “compreensão através do desenho” (understanding by design), uma proposta desenvolvida por Grant Wiggins e Jay McTighe, publicada nos EUA pela Associação para a Supervisão e o Desenvolvimento do *Curriculum* (ASCD)¹⁹ e dem origem ao conhecimento que vamos ensinar, em lugar de estruturá-lo em função das respostas dos especialistas, ou, em outras palavras, do que “já se sabe”. Esta estratégia evita nos alunos a visão comum de que o conhecimento surge do nada, como uma verdade que se revela aos olhos dos que sabem olhar. Na proposta original, o docente se converte em um verdadeiro desenhista, que prevê as situações as quais os alunos podem enfrentar e assim não só clarificam seus próprios objetivos, mas também desenvolvem as ferramentas – as perguntas – para cumpri-los.

Essas perguntas podem ser classificadas de acordo com sua complexidade cognitiva, com o caráter das ferramentas necessárias (experimentais ou não) para respondê-las ou, inclusive, com que seu uso em aula requer de uma aula ou de uma sequência didática que pode levar meses ou até o ano todo. As perguntas devem ser afinadas e guiadas até que se constituam em verdadeiras perguntas científicas, ou seja, comprováveis experimentalmente, colocadas à prova, disparadoras de predições etc. Claro, o assunto é determinar que uma pergunta seja científica, e isso, por si só, já é Toda Uma Pergunta. Em um texto curiosamente chamado “Fazendo ciência”,²⁰ propõem-se alguns critérios para decidir a “cientificidade” de uma pergunta para a sala de aula:

¹⁹ O livro de Wiggins y McTighe foi publicado em 1998 e se pode encontrar muita informação sobre esta proposta em <http://www.grantwiggins.org/ubd.html>

²⁰ BYBEE, R. *Doing science: the process of scientific inquiry*. In: science.education.nih.gov/Supplements/NIH6/Inquiry/guide/nih_doing-science.pdf.

- Deve apoiar-se em objetos, organismos e eventos do mundo natural.
- Não deve apoiar-se em opiniões, sentimentos nem crenças.
- Deve poder ser investigada por meio de experimentos ou observações.
- Deve levar a coleta de evidência e o uso de informação para explicar como funciona o mundo natural.

O assunto é que tanto os docentes quanto os alunos se exercitem nesse tipo de perguntas para que mais adiante formulá-las seja quase uma questão de rotina. Particularmente, o docente deve incorporar perguntas de caráter estratégico que guiem o aluno e o estimulem a ir um pouco mais além, construindo dessa maneira seu próprio caminho e seu próprio conhecimento.

No processo tradicionalmente denominado método científico, essas perguntas estão usualmente camufladas sob o disfarce de hipótese, mas custa muito encontrá-las por trás de tanta maquiagem. Entretanto, na aprendizagem por indagação, a hipótese é o corolário de toda boa pergunta científica; de certa forma, é o passo prévio para chegarmos a uma resolução experimental da questão em estudo. Uma hipótese abre múltiplas portas ou predições, todas que deveriam ser comprováveis ou refutáveis sob as condições experimentais adequadas. Todavia, é uma maravilhosa oportunidade para que a sala de aula se transforme em um verdadeiro campo de batalha intelectual, na qual os cérebros interventores se espremam descobrindo as falhas e virtudes de todo raciocínio hipotético antes de tentar pô-lo à prova. E depois, sim, para desenhar o melhor dos experimentos: o desenvolvimento desse desenho, com seus controles negativos e positivos, seus passos, suas complicações e demais, já é parte do processo experimental em si – e às vezes, até mais importante que realizar a experiência (mas só às vezes).

É óbvio, o processo de recrear a ciência na sala de aula fica completamente truncado se, logo depois da realização dos experimentos correspondentes, os dados ficam inertes como números, gráficos ou pranchas em um papel. Uma etapa fundamental do processo é a do debate e interpretação dos resultados, que obviamente deverão gerar novas perguntas, hipóteses e experimentos. Já dissemos que a ciência não é tal até que não se coloque em comum; com a ciência na sala de aula acontece exatamente o mesmo. A etapa de discussão geral dos resultados é apaixonante e frutífera – descobrir que um experimento não dá “mal”, mas, sim, dá o que dá, é nossa tarefa entender o que nos está dizendo e fundamental para promover o pensamento científico entre nossos alunos.

Dá um pouco de vertigem compreendê-lo, mas o caminho nunca termina, já que se geram novas questões e refinamentos para extrair mais dados da natureza (embora seja também tarefa do docente prever e propor um fechamento para os trajetos didáticos).

Em resumo, a aprendizagem por indagação implica uma mudança conceitual na maneira que nos colocamos diante da sala de aula. O pesquisador da Universidade de Valência, Daniel Gil Pérez, resumiu, há mais de uma década, estas mudanças e processos em alguns passos simples:²¹

- a) Expõem-se situações problemáticas que gerem interesse nos alunos e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa.
- b) Os alunos trabalham em grupo e estudam as situações expostas.
- c) Os problemas se tratam seguindo uma orientação científica com emissão de hipótese, elaboração de estratégias possíveis de resolução e análise, e comparação com os resultados obtidos por outros grupos de alunos.
- d) Os novos conhecimentos se aplicam a novas situações.

53

Há modelos para todos os gostos, desde aqueles materiais que utilizam elementos de bricolagem para entender como funciona algum fenômeno natural²² até os modelos completamente abstratos e ideais que descrevem tal fenômeno. Se conseguirmos criar um modelo que queremos conhecer, estaremos mais perto de compreendê-lo. Por último, por que não pensar em um verdadeiro desfile de modelos, no qual os alunos apresentem e defendam suas ideias como em um congresso científico – fazendo ciência.

Mas aqui não acaba tudo, já que é o ponto de partida para outro dos processos que envolvem um alto grau de criatividade em ciência – e, claro, a ciência na sala de aula não pode estar isenta deste passo. Trata-se da imaginação de modelos que descrevam a série de resultados experimentais obtidos e, sobretudo, que permitam formular predições do futuro.

²¹ GIL, D. Contribuição da história e da filosofia das ciências ao desenvolvimento de um modelo de ensino/aprendizagem como pesquisa. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212, 1993. GIL, D. Relações entre conhecimento escolar e conhecimento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32, 1994.

²² E não é questão de tomar estes modelos superficialmente: sem ir mais longe, é a forma na qual Watson e Crick avançaram para a estrutura do DNA.

Modelos e abstração

Como afirmam Philip Davis e Reuben Hersch, costuma-se dizer que a Matemática começou quando a percepção de três maçãs se separou do conceito de “maçã” e passou a ser o número “3”.²³ Essa é uma primeira forma de abstração, talvez um dos momentos mais eureka do processo de aprendizagem das Ciências e, obviamente, não privativo da Matemática. Os mesmos autores se referem a diferentes conceitos de abstração, muito úteis como categorias na hora de pensar na sala de aula de ciência:

a) A abstração como idealização, como aquela que imagina uma reta ideal sobre o plano.

b) A abstração como extração, essa propriedade que, segundo A República de Platão “obriga a refletir sobre os números abstratos”, como na correspondência que uma série de tais números tem com objetos reais – e que sinta as bases das teorias de grafos.

54

Está claro que o processo de abstração está na base do pensamento científico: imaginar tanto o que não se pode ver (como os átomos)²⁴ como aquilo que requer uma interpretação abstrata dos resultados concretos que um experimento arroje. Neste sentido, aula de Ciências deve fomentar a construção permanente de modelos mentais, imaginários, concretos, de cartolina e de arame, como uma correspondência entre os dados e a realidade. O assunto é que, embora os dados que arrojem um experimento sejam únicos e universais, os modelos que podemos construir sobre eles são díspares e individuais (ou ao menos sectários).

Essa mesma abstração – ou talvez outra ordem deste processo – é requerida para que os cientistas se coloquem de acordo sobre algum fenômeno objetivo. K. C. Cole menciona uma anedota ilustrativa a respeito:²⁵

Em sua edição de 4 de julho de 1984, o New York Times anunciou que os físicos tinham encontrado finalmente o sexto quark, último membro dessa misteriosa família

⁴³ DAVIS, P. J.; HERSCH, R. *The mathematical experience*. Middlesex: Penguin, 1983.

²⁴ GELLON, G. *Había una vez el átomo. Cómo los científicos imaginan lo invisible*. Buenos Aires: Siglo XXII Editores, 2006.

²⁵ COLE, K. C. *Is there such a thing as scientific objectivity?* Discover, septiembre 1985, 98-99.

de partículas elementares que revoam no núcleo atômico. Casualmente, um amigo físico da Califórnia estava de visita esse dia (...). Não se via muito impressionado pelo anúncio e até parecia tomar-lhe com certo humor. Explicou-me que a máquina que tinha “encontrado” o quark estava há mais de seis meses apagada e que os dados tinham sido analisados fazia já três meses. Os resultados, pois, já se conheciam. “O que o anúncio significa – disse – é que finalmente ficaram de acordo com o que viram”.

Essa é exatamente a natureza do conhecimento científico: ficar de acordo com o que vemos. É mais: segundo o filósofo Paul Feyerabend, a ciência não conhece feitos nus, mas, sim, todos os fatos que se integram a nosso conhecimento, que já vêm vestidos de uma certa forma. Em outras palavras, as opiniões preconcebidas formatam a aquisição e a interpretação dos fatos científicos.

É óbvio que se isso ocorrer nas diversas instâncias da pesquisa científica, a sala de aula de Ciências não poderá estar isenta de tais fenômenos que, longe de distorcer os processos de aprendizagem, devem ser aproveitados em seu favor. A todos os docentes ocorre que os alunos se apresentam muito desanimados porque “o experimento não deu certo, profe”..., como se tal coisa pudesse ocorrer. O desafio é, então, interpretar o resultado (os dados são os dados e não podem dar “mau”) e incorporá-lo dentro do modelo que melhor o explique.

55

A ciência tem seus problemas e seus casos

O que têm séries televisivas como CSI ou Doutor House para que se tornem tão atrativas entre todo tipo de público, além do excesso de jargão técnico e incompreensível no qual costumam incorrer? Possivelmente seja o desafio de ter que solucionar um caso concreto, no qual a ciência oferece ferramentas para resolver os problemas que vão surgindo. Esta parece ser uma estratégia diretamente extrapolável na sala de aula, já que se trata de entusiasmar e incentivar nossos alunos. Bem-vindos sejam os problemas. Está intimamente ligada à aprendizagem por indagação, já que requer um processo de grande responsabilidade e independência por parte do aluno (ou de equipes de alunos), que devem ser guiados de maneira sutil pelo docente, de maneira que não percam o atalho preestabelecido de acordo com os objetivos do curso. A resolução de casos é, talvez, mais complexa, já que requer, por parte do docente, um contexto, uma história e uma cenografia adequada para inserir-lo ou os problemas científicos.

Além de suas implicações práticas, é interessante considerar que a resolução de tarefas e problemas é um tema atualmente sob intensa pesquisa na área das neurociências cognitivas. Embora resolver problemas é o que fazemos cotidianamente, inclusive quando não sabemos o que fazer, para o cérebro constitui um desafio fenomenal – até no mais simples dos casos.

Imaginar um problema ou um caso, e o roteiro que seguirá na sala de aula, é uma tarefa extremamente complexa, que só por meio de sucessivas reiterações e refinamentos alcançará um nível adequado para seu uso fluido. Esta é uma área de nutrida experimentação na área de aprendizagem das Ciências, que começou na década de 1960 (uma vez mais) com o estudo das estratégias para resolver adivinhações e jogos. Nos anos 1970 realizaram-se experiências de campo em que se solicitava aos solucionadores de problemas que “falassem” suas soluções e pensamentos em tempo real, e logo se analisavam as gravações. Atualmente, como dizíamos, este é um campo de intensas experimentações baseadas tanto no estudo de fenômenos cognitivos como no processamento de informação, e, aplicado à sala de aula, merece sisudas pesquisas em cada disciplina científica.²⁶

O mundo também existe: a ciência sai da sala de aula

Até nos referimos a aspectos da aprendizagem formal das Ciências. Tradicionalmente chamava-se aprendizagem não formal toda atividade que ocorria fora da escola – a famosa saída que envolvia uma série de passos e autorizações burocráticas, viagens em minúsculos e duvidosos resultados pedagógicos. Do mesmo modo, costumava ser considerada uma espécie de divertimento, com relativamente pouca valorização. Talvez para a ciência essas saídas sejam fundamentais – mesmo que sejam em um âmbito reduzido: o pátio da escola, a praça, as pesquisas caseiras. É óbvio, as saídas em âmbitos de produção ou exibição de atividades científicas (como laboratórios ou museus) oferecem uma contribuição fundamental para compreender como se constrói o conhecimento, e devem ser fomentadas e aproveitadas com o planejamento adequado.

A distinção apoiada em argumentos “geográficos” é atualmente um tanto absurda: o que acontece com a aprendizagem pela Internet, ou nas experiências que se realizam em casa com um guia proveniente da escola, com os documentários de televisão? Não vale a pena deter-se em definir formalidades

²⁶ Ver, por exemplo, GOOD, R.; SMITH, M. How do We Make Students Better Problem Solvers? *The Science Teacher* 54(4):31-36, 1987. GABEL, D. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 1994.

e informalidades nestes casos, a não ser em analisar o que podemos aproveitar de qualquer situação apta para a aprendizagem de Ciências.

Neste processo, talvez uma das maiores mudanças das últimas décadas seja a transformação dos museus de ciência, partindo de âmbitos veneráveis para as coleções de espécies de botânica, zoologia ou mineralogia, em lugares nos quais o visitante pode participar de experiências que modificam ativamente sua percepção e conhecimento do mundo. Felizmente, as pesquisas realizadas nesses museus a respeito das diversas variáveis e as respostas dos visitantes foram rapidamente extrapoladas para se entender o processo de aprendizagem que se realizava em suas salas, e isso pode ser amplamente aproveitado no ensino das Ciências. Talvez de mãos dadas com as pesquisas sobre este ensino, nos museus se começou a estudar metodologias e processos de aquisição de conhecimento além dos conteúdos das exposições. Na experiência interativa, a aprendizagem é complexa e tem a ver com o que alguém traz como indivíduo, com o ambiente físico no qual lhe apresentam as exposições e, finalmente, com a mediação social em que se insere a experiência (incluindo as interações com os facilitadores do museu).²⁷ É óbvio que esse tipo de atividade, como qualquer outra saída, só é aproveitado na medida em que é preparado previamente, na sala de aula, e se continua a experiência em aulas subsequentes.

No caso de visitas a laboratórios ou centros de conhecimento científico, é fundamental aproveitar a saída ao máximo, tendo em conta critérios “CTS” (ciência, tecnologia e sociedade) na hora de elaborar as atividades a serem realizadas: não só se trata de receber informação da mão de especialistas, mas também os alunos podem ir preparados com agenda própria, munidos de perguntas específicas a respeito da história das pesquisas (e dos pesquisadores), o contexto no qual se inserem, as ambições pessoais, a imaginação e criatividade que subjazem os estudos etc.

Talvez nesse âmbito se possa romper com o arquétipo do cientista isolado do mundo, com seu infalível avental branco e moscas rodeando sua cabeça.²⁸ Existem numerosos exemplos adicionais nos quais se procura uma atmosfera adequada para o ensino das Ciências fora da sala de aula – entre os quais cabe mencionar os acampamentos científicos²⁹ e os clubes de ciência³⁰ –, mas escapam à extensão e objetivo primário do presente documento.

²⁷ Falk, JD, Dierking, LD. The museum experience. Washington: Whalesback Books, 1998.

²⁸ A respeito, cabe insistir no conceito de “ciência em ficção”, proposto por Carl Djerassi, e que permite aplicações múltiplas na sala de aula, analisando obras de ficção (filmes, livros, teatro, etc.) e o papel e posição completa pela ciência e dos cientistas nelas.

²⁹ Ver, por exemplo, <www.experimentar.org.ar>

³⁰ MANCUSO, R. Clubes de ciências. CECIRS, Porto Alegre, 1996.

O consenso social da ciência na sala de aula: algumas ferramentas³¹

Um problema óbvio é o de como levar à sala de aula a visão da ciência como assunto social, sem cair em um relativismo que afirme que todo conhecimento é igualmente válido, nem em simplificações com respeito ao significado dos dados empíricos. Assim, a construção de conhecimento é um componente essencial da ciência “profissional” e, como tal, não pode estar alheia à ciência “escolar”. Uma possibilidade é retornar ao velho sistema de diálogos orientados, outra é a de apropriar-se de jogos de papel como julgamentos; em ambos os casos busca-se um âmbito de efervescência e discussão no qual se exponham e intercambiem ideias sobre a base de que o conhecimento em Ciências Naturais provém de fontes puramente empíricas, mas é imprescindível interpretar, analisar e até brigar pelo significado das pesquisas.

58

A construção do conhecimento científico de maneira consensual na sala de aula permite apresentar à ciência como um tipo muito especial de debate, no qual os observadores de fenômenos devem ficar de acordo sobre o que acontece e por que acontece. Ao adquirir um papel ativo na tarefa, os alunos vão realizando uma série de operações mentais lógicas que melhoram a coerência interna do discurso à medida que se questionam os raciocínios.

Existem diversos exemplos nos quais o docente modela para os alunos o diálogo socrático, procurando extrair do interlocutor, por meio de perguntas e reperguntas, as premissas que lhes permitam construir um discurso lógico e coerente a respeito de um tema particular. O diálogo pode ser complementado por experimentos, embora isso não seja estritamente necessário. De qualquer maneira, a discussão se complementa de forma permanente com “experimentos mentais” (thought experiments), do tipo: “se realizasse tal experimento ou análise e achasse tal resultado, então chegaria a esta conclusão”.

Um exemplo foi proposto por Gregory Bateson em seu livro *Espírito e Natureza* (1990, retomado em Bonaparte, 2001),³² quando narra seu particular enfoque para encontrar regras na natureza. Bateson conta, desta maneira, sua aproximação aos estudantes de então:

Na década de 1950 era instrutor de jovens da Califórnia, São Francisco. Era uma pequena sala de 10 a 15 estudantes, e eu sabia que entraria em uma atmos-

³¹ Exemplos tomados de Gellon et al. *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós, 2005.

³² BATESON, G. *Espíritu y Naturaleza*. Buenos Aires: Amorrortu Editores, 1990. BONAPARTE, Pablo R. *La mirada del marciano*. Ensayos para conocer lo conocido. Buenos Aires, Eudeba, 2001

fera de ceticismo próximo à hostilidade. Quando entrei, percebi claramente que supunham que eu era uma encarnação do demônio, que vinha repreender-lhes onde estava o sentido comum que produzia guerras atômicas e pesticidas. Nesses tempos (e ainda hoje?) acreditava-se que a Ciência era “alheia aos valores” e que não estava orientada por “emoções”.

É óbvio, esta é a mesma experiência que costumam sentir os professores quando entram em uma sala de aula de ciências. Bateson prepara o cenário cuidadosamente, e guia seus alunos através de um problema singelo:

Levei comigo duas bolsas de papel; de uma delas tirei um caranguejo recém-cozido e o coloquei sobre a mesa, dizendo-lhes mais ou menos isto: “quero que me deem argumentos que me convençam de que este objeto é o resto de uma coisa viva. Se quiserem, podem imaginar que são marcianos e que em Marte estão habituados a ver coisas vivas, sendo vocês mesmos seres vivos; mas, certamente, nunca viram caranguejos nem lagostas. Até ali chegaram, talvez levados por um meteorito, um certo número de objetos como este. Devem examiná-los e chegar à conclusão de que são restos de coisas vivas. Como chegariam a essa conclusão?”

59

Ao colocar regras no relato, Bateson está guiando os estudantes para tipo de raciocínio socrático que deseja realizar. Efetivamente, com a ordem de que “são marcianos”, obriga-os a evitar toda explicação conhecida que se apoie na comparação do tipo “isso está vivo porque é um caranguejo, e eu sei que estão vivos”. Os resultados observados são muito interessantes:

O primeiro que observaram foi que é simétrico, ou seja, que seu lado direito se parece com o esquerdo... Logo observaram que uma de suas pinças era maior que a outra. Assim não era simétrico. Alguém disse “sim, uma pinça é maior que a outra, mas ambas estão formadas pelas mesmas partes”. Ah, que nobre e formoso pensamento! Como arrojou esse estudante ao latão de lixo, com toda cortesia, a ideia de que o tamanho poderia ter uma importância primordial ou profunda, e foi em troca depois da pauta que conecta! Descartou uma simetria a favor do tamanho, a favor de uma simetria mais profunda nas relações formais!

O papel de Bateson, ou do docente, é o de facilitador: não provê dados, mas, sim, guia a discussão no sentido desejado, sem invalidar nenhuma das opiniões que vão sendo dadas, a não ser brindando o marco para sua discussão e, em todo caso, expondo as falências lógicas dos argumentos (ou, melhor ainda, obtendo que

entre os mesmos estudantes se considerem sortes falências) por meio da pergunta ou do comentário mínimo que represe o diálogo. Neste exemplo em particular, a descrição do “objeto caranguejo” leva naturalmente a falar de conceitos não só de simetria, mas também de homologia/analogia.

Na modalidade de diálogo socrático, deve ficar claro que às vezes a pergunta exposta não exige uma resposta única ou necessariamente aceita; o interessante é o processo para chegar às possíveis explicações. O papel do docente é, uma vez expostas claramente as ordens do caso, estimular a discussão entre os grupos de trabalho e oferecer algumas pautas adicionais enquanto o exercício vai sendo desenvolvido. Essa atividade tem vários objetivos pontuais. Por uma parte, promove que os estudantes discutam a respeito de um ponto particularmente polêmico ou de fronteira dentro dos conteúdos científicos das matérias. Do mesmo modo, aponta para estimular a construção de discursos lógicos com forte coerência interna, a discussão grupal e o trabalho em equipe.

60

Uma variante desse tipo de atividade é a realização de julgamentos científicos (isto é, a conceitos ou personagens da ciência). Para formarem-se como sujeitos críticos e com capacidade de tomar decisões fundamentadas, é necessário que os estudantes aprendam a discutir com bases sólidas as implicâncias éticas e sociais dos avanços da ciência, compreendendo seus alcances e seu impacto sobre diferentes aspectos de nossa vida e a do resto dos habitantes do planeta. Trata-se de delimitar claramente um problema (e é fundamental a colocação clara tanto do “jogo” como das premissas e feitos a considerar) e propor um universo cenográfico no qual se recreie um julgamento “de filme”, ou seja, com advogados fiscais e defensores, cada um dos quais apresentará provas e testemunhas, interrogará e realizará alegações por escrito; também se requer da personificação de tais testemunhas e de um jurado que finalmente discutirá as evidências apresentadas.

A estratégia do julgamento promove que os estudantes fiquem “na mente do outro” na hora de argumentar e contra-argumentar, desenvolvendo sua capacidade de detectar espaços lógicos em argumentos próprios e alheios. Nesse sentido, a simulação de um julgamento na sala de aula ajuda a gerar ferramentas que também são úteis para os debates e a construção conjunta, por parte dos alunos, de ideias científicas ou, mais em geral, de uma capacidade crítica racional que lhes permita enfrentar as mais diversas situações.

A eleição do tema para a simulação de um julgamento pode ser feita com base em uma notícia jornalística, um caso tirado da realidade e modificado para o trabalho na sala de aula ou, inclusive, uma história inventada. Em qualquer caso, a

“história” abordará um tema que, na estimativa do docente, possa ser provocador para os alunos. Novamente, o planejamento da atividade é altamente flexível, já que permite ser realizado em uma única aula, ou em uma sequência didática com o passar do tempo que se julgue necessário. Os resultados valem a pena.³³

Como saber o que sabem que sabem³⁴

Os docentes podem realizar uma sequência didática brilhante, mas sempre ficarão com dúvida do que aprenderam seus alunos. E aqui vem o tema tão temido (por docentes e alunos, claro) da avaliação na aula de Ciências. Esta avaliação é uma parte fundamental do plano das atividades da sala de aula de Ciências e certamente tem características particulares que a diferenciam do que se realiza em outras disciplinas.

Os planos curriculares e as avaliações tradicionais muitas vezes não cumprem o objetivo de que os alunos aprendam o que queremos aprender, e isso pode não ter nada a ver com a capacidade didática ou erudição do docente: simplesmente não se obtém a aprendizagem desejada. Além da prática tradicional e, sobretudo das manhas obtidas pela experiência da prática docente, talvez um planejamento que deliberadamente aborde objetivos de aprendizagem e não de ensino, consiga cumprir estas finalidades de forma mais satisfatória. Se formos sinceros, o que temos em mente ao desenhar uma aula de Ciências é justamente o que queremos ensinar, ou seja, o que queremos contar na sala de aula e os recursos que utilizaremos para esse ensino. Entretanto, podemos colocar nossos pensamentos de pernas para cima, nos centrando no que queremos que o aluno aprenda – como eles vão diferentes de como entraram na aula de Ciências. Na proposta já citada de Wiggins e McTighe (*Compreensão através do desenho*), o processo baseia-se na compreensão dos alunos. O segundo passo, propõem os autores, consistirá em estabelecer de que maneira os docentes podem determinar se os alunos atingirão ou não estas compreensões.

Que tipo de condutas ou comentários, ou capacidades, ou atitudes nos mostrará que os estudantes realmente conseguiram compreender o que esperávamos que compreendessem? A partir disso, e como passo final, se estabelecerá uma sequência de atividades.

³³ Como um exemplo, pode-se consultar o fascinante projeto da “comunidade de aprendizes”, em Brown, A. L, Campione, J. C. *Guided Discovery in a Community of Learners*. In *Classroom lessons: Integrative cognitive theory and classroom practice*, cap. 9; Cambridge: MIT Press, 1996.

³⁴ Este capítulo está baseado em um texto preparado por G. Gellon e M. Furman para o curso superior de ensino das Ciências de FLACSO Argentina.

O coração da proposta encontra-se no segundo passo, em estabelecer os critérios que nos vão dizer se obtemos nossos objetivos ou não, antes das atividades. Estes critérios são, de alguma maneira, um tipo de “avaliação”, e se referem, como dissemos, a coisas que os docentes podem ver e escutar (ou, em outras palavras, coisas que os alunos dizem, fazem, escrevem etc.), que nos permitem perceber o que se passa em suas cabeças. Entretanto, queremos tratar de evitar a palavra “avaliação” para não evocar seu uso tradicional, pelo qual se entendem as “provas” clássicas, com perguntas fechadas ao final de cada unidade.

Wiggins e McTighe denominam esse processo de backwards design ou “deseenho de trás para a frente”. Isto alude ao feito de que os autores propõem trocar a lógica de como a maioria dos docentes planeja as suas aulas. Sugerem abandonar a sequência objetivos-atividades-avaliação e pensar no “como vou dar conta de que os alunos aprenderam o que eu queria que aprendessem” antes de pensar em como ensinar.

62

Aqui vale a pena esclarecer que, quando falamos de trocar o foco de nosso planejamento para a aprendizagem dos alunos, não queremos dizer que, então, o peso do êxito ou do fracasso de uma atividade vai estar centrado neles. De maneira nenhuma. A responsabilidade fundamental de guiar os alunos para as aprendizagens a que nos propomos recai em nós, os docentes, e naquilo que fazemos (e deixamos de fazer) para cumprir esses objetivos. Quando dizemos que é primordial ver o que fazem, dizem e escrevem os alunos em relação aos propósitos que expomos, então, referimo-nos, principalmente, a pensar no que fizemos bem e no que podemos fazer diferente na próxima vez que ensinarmos.

O primeiro passo é, então, determinar que conceitos queremos que os alunos compreendam ou aprendam a fazer. Isto envolve objetivos quantitativos e qualitativos, o recorte dos conteúdos e o nível de profundidade ao qual queremos chegar. Escolher o “aonde vamos” representa um desafio importante, porque vai determinar o que levam os alunos da sala de aula e, principalmente, como ensinamos. Mas a mudança importante se dá no segundo passo, aquele destinado a dar-se conta de que os alunos estão aprendendo o que o docente quer que aprendam. Isto requer ter ideia das evidências com que os alunos deveriam contribuir para que o docente possa ter uma noção do que está acontecendo “dentro de suas cabeças”. Finalmente vem o passo concreto de decidir o que fazer em sala de aula. Neste ponto, Wiggins e McTighe contam os perigos do desenho carente de direção clara com um exemplo em que os alunos devem elaborar as partes de uma maçã, e logo aprendem sobre os primeiros plantadores e produtores de maçãs na região, pre-

param uma torta de maçã e, finalmente, pintam uma obra de arte coletiva sobre as maçãs e sua colheita. O que aprenderam os alunos sobre as maçãs em toda esta sequência? E o que pretendia o docente que aprendessem?

Se a sequência é pensada ao contrário, a partir dos objetivos de aprendizagem almejados, e se estão sendo levados em conta as evidências de que esta aprendizagem está sendo realizada, o planejamento da sala de aula é mais evidente e permite imaginar os conteúdos e metodologias a empregar na sala de aula. É ir para trás, mas pensando em sair adiante...

Se a aula não for em direção à ciência...

Recordemos a premissa principal deste documento. Em geral aparece a ideia de que “a ciência é outra coisa”, bastante diferente do que se está acostumado a ensinar na sala de aula. Isso que chamamos ciência é, acima de tudo, uma maneira de entender o mundo, uma forma de sacudi-lo para perguntas que, curiosamente, dão como resultado mais e mais perguntas. Em outras palavras, entendemos a ciência mais como verbo do que como essencial, um fazer permanente, que rompe com o princípio de autoridade (embora não com o de um acompanhamento guiado – eis aí o verdadeiro papel do docente neste caso), mas se subordina ao da experimentação e demonstração, embora seja transitória. Ao menos estes são os preceitos que guiam a pesquisa científica, essa vontade de saber tudo, muito, tudíssimo... e se houver algo claro é que não há “duas ciências”, uma para os pesquisadores e outra para a escola, a não ser uma sozinha, com suas maravilhas e suas frustrações cotidianas.

O desafio é, então, como fazer ciência na sala de aula. Diante desta só menção, muitos docentes (e alunos) fugirão espantados, imaginando complicadas fórmulas, aceleradores de partículas ou enciclopédias de dados e circuitos eletrônicos. Entretanto, essa ciência que procuramos está em outra parte: na indagação permanente, em alimentar as perguntas com experimentos e discussões entusiastas; em resumo, de investigar. Claro, os lugares tradicionais desse “pesquisar” são os laboratórios, os gabinetes, os institutos, e não as salas de aula, onde, no máximo, dá para repetir uma ou duas sequências experimentais por disciplina, diante do peso de que “deram certo”, ou seja, como diz o professor e o livro (e o primeiro que disser que os alunos não vieram com o argumento de que o experimento “deu errado” – como se um experimento pudesse “dar errado” – que atire a primeira proveta). Uma alternativa seria, sem ir mais longe, levar a sala de aula a esses lugares onde se

investiga como profissão, embora, é certo, não pareça muito factível a esta altura do campeonato.³⁵

Então, se a sala de aula não vai aos centros de pesquisa, os centros de pesquisa vão à sala de aula. Talvez uma alternativa seja a de sugerir algumas atividades para que os bolsistas de pesquisa e, eventualmente, os cientistas jovens participem diretamente da aula de Ciências do nível médio.

Por que os bolsistas (e os pesquisadores jovens)?

Não se sabe bem por que, mas algo estamos fazendo bem na educação superior em Ciências. Assim como com as agências de modelos, os cientistas estrangeiros assistem com prazer aos nossos congressos locais, com o fim de uma espécie de casting, no qual selecionam os mais promissores jovens para oferecer-lhes um pós-doc em seus laboratórios (depois terá que ver como fazer para que voltem, mas essa é outra história). Ainda por cima, esses jovens cientistas se dão muito bem lá fora, destacando-se rapidamente em suas respectivas especialidades. Isto fala da maestria de nossos graduados em Ciências em suas disciplinas, que exercem realmente, com desenvoltura e nível internacional (às vezes mais que seus próprios supervisores, mas essa também é outra história).

Todavia, é inegável o entusiasmo daqueles que iniciam sua carreira profissional em Ciências colocm em suas tarefas, em suas perguntas cotidianas e de longo prazo, no avançar vontade que lhes caíam o queixo pelo deslumbramento do que vão encontrar. Do mesmo modo, são eles, os bolsistas e pesquisadores jovens que ainda, realmente, querem (e devem) mudar o mundo – e, mais, podem fazê-lo muitas vezes esgrimindo a ciência como uma de suas principais armas. Evidentemente, outras gerações poderão participar dessas atividades, mas as qualidades anteriores fazem dos mais jovens os candidatos ideais para uma etapa inicial.

É certo que nem todos os bolsistas têm bons dotes docentes, mas não se lhes pede que sejam docentes, a não ser guias e acompanhantes tanto dos alunos como dos professores de Ciências de nível médio. Além de seus acertos ou falhas diante da sala de aula, terão a oportunidade (talvez única em muitos casos) de enfrentar um cientista “de verdade”, suas perguntas e seu modo de pensar o mundo.

³⁵ Entretanto, uma experiência recente entre o Pedeciba uruguaio e a UNESCO realizou uma interessante tentativa neste sentido, não com alunos, mas, sim, com professores: deram bolsa a centenas de professores de Ciências de nível médio para que assistissem, durante três meses, às aulas de laboratório da Universidade da República ou institutos de pesquisa em Montevídeu. Os resultados desta iniciativa estão sendo analisados atualmente.

Existem diversos interrogantes ao redor desta proposta, incluindo a pergunta de que deve ser obrigatória ou não. É possível que logo depois de um cuidadoso planejamento, este projeto possa implementar-se de forma maciça, com a participação de todos os bolsistas – e não só os de Ciências Naturais (parte-se da base de que, além de suas diferenças metodológicas e discursivas, um pesquisador em Direito ou Arquitetura parte da mesma cosmovisão científica que um de Ciências Naturais, ou seja, um mundo que espera que lhe façamos as perguntas adequadas). Neste sentido, é fundamental que este tipo de atividade passe a ser avaliada nas instâncias periódicas que assim o mereçam. Em princípio, essa avaliação seria meramente qualitativa, ou seja, que se constate forma fidedigna que cumpriram com o mínimo das tarefas solicitadas. Com o tempo poder-se-á ter critérios objetivos e pré-doutores de sucesso nessas atividades, que colaborem com a avaliação delas.

A alternativa trivial é que seja uma atividade eletiva para aqueles pesquisadores e bolsistas que se sintam atraídos pela proposta (que presumo serão uns quantos). Esta opção talvez requeira incentivos específicos, além da avaliação (que aqui também se torna obrigatória), que poderão incluir suplementos salariais se for adequado.

Pois, o que fariam esses bolsistas e pesquisadores jovens? Uma das atividades é simplesmente contar o que fazem. Voltemos ao entusiasmo que mencionávamos anteriormente. Ao longo dos anos, um indivíduo aprende a desconfiar dos cientistas que não contam com verdadeira paixão suas tarefas de pesquisa. Outra fonte de desconfiança é com aqueles que não compreendo absolutamente nada, por mais afastadas que estejam suas disciplinas da nossa. A esta altura, é duvidoso que a maioria dos mortais chegue a compreender os fundamentos últimos da mecânica quântica, mas pode-se franzir o rosto quando não se consegue compreender de forma geral a pergunta que esses cientistas escolheram como sua cenoura pessoal.

Então, esse contar o que fazem pressupõe que o farão com um entusiasmo contagiado, com as travas e gagueiras, já que não estão necessariamente acostumados a outro tipo de público, mas enfocados nas perguntas que se formularam, como as foram modificando, com que dificuldades se encontraram, como é seu dia (incluindo as brincadeiras e as comidas do laboratório). Não se trata de “falar em fácil”; as Ciências têm sua linguagem rigorosa e unívoca que, além das metáforas e analogias que se utilizem, se deve respeitar e compreender. Trata-se de fazer o esforço de compartilhar na sala de aula a mesma vontade com que um bolsista fala sobre um pôster de um congresso, ou convence seu supervisor a realizar algum experimento um tanto arriscado.

Evidentemente, este “contar” deve acompanhar-se de atividades prévias e posteriores na sala de aula, de um ambiente propício às perguntas e discussões, tarefas nas quais o dissertante poderá colaborar ativamente.

O outro caminho é que os participantes se envolvam mais ativamente com a ciência na sala de aula. Todo pesquisador (até o mais quântico dos quânticos, para voltar ao exemplo anterior) guarda em sua galé truques e atividades que exemplificam sua tarefa com maior clareza que o discurso. Neste sentido, vale remeter-se ao preceito de que primeiro vem o conceito, depois a explicação. E antes que o preceito, vem a pergunta.

Insistimos: os melhores perguntadores são, novamente, os bolsistas de pesquisa, que poderão colaborar com uma sequência de atividades original e entretida para atacar conceitos que logo, sim, poderão ter sua explicação correspondente (ou ficar com sinais de interrogação, que, no fundo, não é nada mau). Além do olhar que se deve ter para os conteúdos curriculares científicos, pode-se oferecer uma certa flexibilidade nas temáticas que os tutores escolhem para esta tarefa, sempre e quando cumprirem com os diferentes aspectos da ciência – seu obrigado empirismo, a necessidade de construir modelos (mentais ou de plastilina), a obrigatoriedade do debate e a discussão dos resultados e suas interpretações.

UM MINISTÉRIO QUE DÁ CONSELHOS...

Recentemente, o Ministério de Educação da Nação Argentina (nesse momento também encarregado pela gestão da ciência e tecnologia) encomendou a uma comissão a redação de uma série de recomendações para a melhora do ensino de Ciências Naturais e Matemática.¹

Vejamos primeiro as causas e características desta novidade. A causa evidente foi o péssimo desempenho dos alunos do país em algumas avaliações recentes em Ciências Naturais, Matemática, compreensão de textos e outras minúcias. Isto não necessariamente poderia atribuir-se ao tipo de avaliação, que segue pautas e consensos internacionais bastante claros e interessantes.² Não vamos entrar nem na avaliação nem nos resultados, já que não são centrais para este documento; basta dizer que, além disso, do mau desempenho, chamou a atenção a iniquidade educacional que arrojavam os dados (medidos como a dispersão entre os melhores e os piores resultados das provas). Do mesmo modo, é tristemente reconfortante saber que não estamos sozinhos: os poucos países da região que se apresentaram a esta avaliação foram igualmente desfavorecidos no resultado (talvez com a exceção do Chile, que obteve posições ligeiramente melhores no ranking mundial).

Seja como for, diante desses números, era preciso fazer algo, embora fosse a médio e longo prazos, assim foi que se convocaram os comissionados para colaborar com as tarefas do Ministério, especificamente no planejamento da educação em Ciências.

O revolucionário do caso é que não só se convocaram especialistas em ensino de Ciências ou gestores da educação, mas, principalmente, cientistas em atividade. E

¹ A Comissão esteve integrada por Rebeca Guber, Pablo Jacovkis, Diego Golombek, Alberto Kornblit, Patricia Sadovsky, Pedro Lamberti, Francisco Garcés, Alejandro Jorge Arvía e Julia Salinas. Em representação do Ministério de Educação, Ciência e Tecnologia, participaram o então Secretário de Educação, Juan Carlos Tedesco, o ex-Secretário de Ciência, Tecnologia e Inovação Produtiva Tulio Del Bono, a Diretora do Instituto Nacional de Formação Docente, María Inés Vollmer, a Diretora Nacional de Gestão Curricular, Laura Pitman, a Diretora Nacional de Informação e Avaliação da Qualidade da Educação, Marta Kisilevsky, assim como especialistas e técnicos dessas direções nacionais. O trabalho da Comissão se desenvolveu entre os meses de fevereiro e setembro de 2007.

² OCDE. PISA 2006, Marco de la Evaluación. España: Santillana 2007.

isto não é só simbólico: como da união entre a pólvora e o livro,³ entre os cientistas e os professores pode surgir um olhar novo sobre o ensino de Ciências. Porém, além disso, denota uma preocupação genuína sobre o papel que a formação científica tem nos cidadãos, qualquer que seja sua profissão ou classe social.

Segundo o relatório, trata-se “de uma educação que contribua também para a alfabetização científica do conjunto da população, de maneira que todos os cidadãos possam estar em condições de se interessar por, e indagar sobre, distintos aspectos do mundo que nos rodeia; poder tomar decisões informadas a respeito de questões que afetam a qualidade de vida e o futuro da sociedade; de interessar-se por, e envolver-se em, discursos e debates sobre Ciências; e de chegar a conclusões fundamentadas em raciocínios válidos que incluam, quando corresponder, a interpretação de evidência empírica”. Isto tem relação com as declarações da UNESCO, da National Science Foundation e outras instituições que, palavras mais, palavras menos, afirmam que nestes tempos atuais, o que vale é o conhecimento, e dentro deste universo, a ciência e a tecnologia ocupam um lugar preponderante.

68

A Comissão fez seu o enfoque de que a maneira de ensinar a ciência é indissolúvel da maneira como se produzem as ideias científicas “em seu estado natural”. Agora, bem, esta ênfase nos processos de construção do conhecimento de maneira nenhuma deve nos levar à conclusão de que devemos desterrar as classes expositivas tradicionais e nos abocar total e completamente das aulas de laboratório. O problema da educação em Ciências não é só a falta de experimentos na sala de aula. Poderíamos pensar que se fizermos experimentos, o aspecto empírico terá que estar presente, mas isto não é assim. É totalmente possível realizar experimentos e experiências de laboratório de forma mecânica, repetindo receitas; e embora em uma aula prática os estudantes possam familiarizar-se com aparelhos e procedimentos, isto não garante a compreensão conceitual. A genuína atividade mental envolve o fazer-se perguntas, indagar, compartilhar as ideias próprias, ser capaz de as defender e questionar as de outros. Se falarmos do papel ativo do estudante, nos referimos à atividade cognitiva e não ao mero fazer. Uma aula teórica pode fazer referência clara e sem ambiguidades à evidência empírica que sustenta esta ideia ou aquele modelo. Esta atitude, sem experimento algum, é já um enorme passo adiante para a incorporação do aspecto empírico da ciência na sala de aula.

³ TUÑÓN, R. G. *La luna con gatillo* (1939).

Todas essas mudanças começam pelo princípio, ou seja, pelo docente. Além de necessárias mudanças cosméticas em curto prazo, a única forma de modificar o presente é pensando no futuro – em nosso caso, planejando a formação dos que serão professores e professores de Ciências em um futuro imediato e de longo prazo. É certo: o problema principal radica na relativa falta de conhecimentos científicos atualizados na formação dos docentes. Mas, como diz o relatório, “conhecer a matéria a ensinar significa dominar não só os conteúdos científicos, mas também os problemas que originaram sua construção, as dificuldades para construí-los, as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos e a influência das interações sociais sobre tal construção. Segundo o nível do ensino no qual se desempenhe, o docente deve conhecer também os desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, assim como saber selecionar conteúdos adequados que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de lhes interessar e, definitivamente, capazes de promover a curiosidade e a capacidade de aprender ao longo de toda a vida”.

Esta falha tem ao menos duas consequências: os garotos não aprendem ou aprendem mal e, talvez mais grave, desenvolvem anticorpos contra as Ciências, o que se traduz em uma grande diminuição da vocação científica entre os estudantes. Alguns dos argumentos são que a ciência “é muito difícil” ou, mais usualmente, “que não há trabalho para os cientistas”. Ambos os argumentos são facilmente refutáveis: por um lado, é certo que há dificuldades no estudo das Ciências, mas talvez não mais que em outros âmbitos de educação superior.

Estudar uma carreira científica requer um grande esforço, mas os benefícios intelectuais são igualmente consideráveis. Por outro lado, ao menos em certas disciplinas científicas, há uma urgente falta de graduados, aos quais lhes resulta muito fácil conseguir bons trabalhos. Em nossa região, necessitam-se de engenheiros, químicos, geólogos, meteorologistas, muito mais do que qualquer assessor em orientação vocacional possa imaginar. Mas tudo isso vai muito além das vocações universitárias: trata-se de uma crise de racionalidade, que gera uma sociedade facilmente manipulável pelos que cortam o bacalhau (cientista ou não).

O documento da comissão abunda em detalhes diagnósticos, detendo-se, em particular, no âmbito da formação de formadores, claramente deficiente nas áreas de Ciências Naturais e Matemática (um fato comum a toda região). Mais ainda, existe uma ampla disparidade institucional: é um fato conhecido de que os institutos de formação docente variam muito quanto à qualidade de seus formados, e as áreas de Ciências não são uma exceção a essa regra.

Dizíamos que para aprender a pescar é preciso, além de peixes, elementos como redes e anzóis. Para ensinar Ciências de uma perspectiva nitidamente experimental, é preciso insumos para realizar os experimentos, outra necessidade que em toda a região demonstra quebras de ondas de investimentos alternadas com outras de pobreza, em que os únicos experimentos possíveis ocorrem no espaço entre as duas orelhas dos docentes e dos alunos. Mas não só de diagnósticos e queixas vivem as comissões. O objetivo principal era estabelecer uma série de recomendações para melhor o ensino de Ciências, e vale a pena traçar aqui um resumo do proposto. As recomendações estão divididas em seções, como as referidas na formação inicial, na formação contínua e no desenvolvimento profissional, nos conteúdos e métodos de ensino, nos equipamentos e nos recursos didáticos, na articulação com o sistema de pesquisa em ciência e tecnologia, nas atividades de divulgação científica e, é óbvio, na provisão de recursos especificamente para a área.⁴

Recomendação 1

Recomenda-se fortalecer os Institutos de Formação Docente (IFD) com base no desenvolvimento de seus projetos institucionais e a dotação de recursos didáticos, pedagógicos e tecnológicos que permitam melhorar o ensino das Ciências e da Matemática.

Ações sugeridas

1.1. Financiamento de projetos institucionais de melhoria. Promover, avaliar e financiar projetos institucionais de melhoria para os IFD que permitam abordar as distintas problemáticas desenvolvidas no diagnóstico. O MECyT deverá considerar a provisão de assistência técnica para a elaboração de projetos, o apoio e acompanhamento na implementação, e o seguimento dos resultados.

1.2. Fortalecimento de institutos como “centros de referência”. Constituir determinados IFD em centros de referência para o resto dos institutos de sua jurisdição. Entre suas funções haverá a formação de docentes de qualidade nas disciplinas científicas, a inclusão de modelos de residência pedagógica adequada às disciplinas, a realização e difusão de pesquisas de campo centradas nas escolas, ações de articulação com as escolas receptoras de residentes e vínculos com as universidades. A identificação de tais institutos deverá favorecer uma adequada distribuição territorial.

⁴ O documento completo pode ser consultado em http://www.me.gov.ar/doc_pdf/doc_comision.pdf ou http://www.oei.es/salactsi/mej_de_la_ense.pdf

Recomendação 2

Recomenda-se que as distintas jurisdições apoiem a formação profissional e a especialização dos docentes em exercício e dos formadores de formadores de maneira que contribua ao melhoramento do ensino de Ciências e da Matemática.

Ações sugeridas

2.1. Promoção de estudos de pós-graduação e especializações. Oferecer bolsas de formação para docentes em exercício e para formadores de formadores, em universidades e instituições acadêmicas e de pesquisa selecionadas para tal finalidade.

2.2. Desenho de ações de desenvolvimento profissional que impactem na qualidade e efetividade da formação, considerando critérios como: a incorporação de metodologias e recursos de ensino que incluam processos de experimentação, a ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas respectivas disciplinas, a inclusão de variáveis identificadas como boas práticas para distintos contextos escolares e a adoção de modelos de capacitação “em serviço”, entre outras questões.

71

Recomendação 3

Recomenda-se a revisão e atualização permanente dos conteúdos e métodos de ensino de maneira que o tratamento de temáticas socialmente significativas e com validade científica resulte animador para os alunos e alunas e favoreça melhores aprendizagens.

Ações sugeridas

3.1. Presença efetiva das Ciências Naturais desde os primeiros anos do nível primário. Assegurar uma adequada carga horária destinada efetivamente ao ensino das Ciências Naturais desde os primeiros anos do nível primário.

3.2. Fortalecimento da autonomia dos docentes e promoção de espaços coletivos de trabalho. Habilitar os docentes a exercer a autonomia suficiente para decidir coletivamente nas respectivas instituições a respeito da seleção, recorte, combinação e adequação dos conteúdos curriculares, de maneira a priorizar as questões mais potentes para que os alunos compreendam aspectos essenciais de cada uma das disciplinas.

3.3. Exercício da Comissão de Renovação Curricular. Promover a constituição da Comissão criada pela nova Lei de Educação Nacional para a renovação e atu-

aliquação dos conteúdos curriculares, priorizando o trabalho sobre os conteúdos correspondentes às Ciências e à Matemática.

3.4. Criação de um observatório de ensino das Ciências Naturais e da Matemática.

Monitorar os processos de ensino e aprendizagem das Ciências e da Matemática em todos os níveis do sistema, para permitir a continuidade na implementação das medidas aqui propostas.

3.5. Promover e fortalecer espaços de pesquisa em educação em Ciências Naturais e Matemática de modo que incidam na melhora do ensino e aprendizagem das disciplinas.

Recomendação 4

Recomenda-se que a ênfase no método experimental para o ensino das disciplinas científicas, tanto nos níveis primário e secundário como na formação docente, seja apoiada garantindo um adequado equipamento a todas as instituições educacionais.

72

Ações sugeridas

4.1. Equipamento de laboratórios nas instituições educacionais. Elaborar um programa de construção e equipamento de laboratórios de Ciências das instituições, financiado e guiado pelo MECyT, priorizando aquelas que atendem alunos de setores mais vulneráveis, e assegurar a incorporação de práticas de ensino adequadas em todos os níveis.

4.2. Desenho e elaboração de material didático. Promover a elaboração de material didático entre instituições de educação formal e não formal (escolas de educação técnica, museus de Ciências, outras instituições) para o ensino das Ciências como sinal do marco epistemológico em que o MECyT quer encarar para seu melhoramento.

4.3. Os trabalhos práticos e a formação docente. A seleção de instituições para o desenvolvimento de estudos de pós-graduação e especializações, mencionados no ponto 2.1 das recomendações deste relatório, priorizará aquelas que ofereçam trabalhos práticos e de campo em seus cursos e matérias.

Recomendação 5

Recomenda-se que as autoridades educacionais gerem iniciativas que assegurem a qualidade dos livros de texto existentes no sistema.

Ações sugeridas

5.1. Criação de um comitê de análise e recomendação de livros de texto. Convocar uma equipe de especialistas (incluindo cientistas, especialistas em ensino das Ciências e docentes) para a análise da situação atual dos livros de textos, com o objetivo de elaborar e difundir recomendações, tanto em relação à sua disponibilidade como à sua utilização nas instituições educacionais.

5.2. Publicação de livros de texto. Elaborar novos livros de texto do MECyT com base nas recomendações produzidas pela Comissão sugerida no ponto anterior, destinados tanto a escolas de nível fundamental e médio como ao IFD, nas áreas de Matemática e Ciências Naturais. Distribuir e promover seu uso.

Recomendação 6

Recomenda-se a promoção de atividades que integrem o trabalho nas escolas de nível fundamental e médio e o trabalho dos cientistas.

Ações sugeridas

6.1. Atividades em escolas de nível primário e secundário como parte da carreira do bolsista ou do pesquisador. Visitas periódicas de bolsistas e pesquisadores jovens a escolas fundamentais e médias locais por meio de bate-papos de bolsistas na sala de aula e participação ativa de bolsistas no desenho, realização e seguimento de uma experiência científica concreta de maneira conjunta com o docente. Visitas periódicas de alunos a laboratórios: com o objetivo de contribuir para o intercâmbio – propõe-se a visita de alunos e docentes a laboratórios de instituições de educação superior. (Ver capítulo 3 para um detalhe e expansão desta proposta.)

6.2. Convocar pesquisadores em Ciências e em ensino de Ciências e de Matemática para oficial de consultores/assessores em ensino das Ciências nos estabelecimentos educacionais de nível primário e secundário.

Recomendação 7

Recomenda-se valorizar o ensino das disciplinas científicas por meio de ações de difusão e a divulgação do conhecimento científico.

Ações sugeridas

7.1. Jornalismo científico. Fomentar o surgimento de novos meios dedicados à divulgação científica, em particular aqueles dedicados a leitores em idade escolar e docentes em formação e em exercício; contemplar a chegada às escolas

de um compilado periódico de notícias científicas; fomentar a realização de mais ciclos de ciência no meio televisivo e a apropriação destes por parte dos docentes de Ciências e seus alunos.

7.2. Livros de divulgação científica. Promover o surgimento de novos textos e coleções de divulgação científica de elaboração local, e distribuir uma seleção de qualidade de forma maciça nas bibliotecas escolares. Elaborar um concurso nacional de textos de divulgação científica para docentes de Ciências.

7.3. Publicidade científica. Realizar uma forte campanha de publicidade da ciência, de suas vantagens, de suas realidades, de suas oportunidades trabalhistas e a fascinação do descobrimento como modo de vida, mostrando outros aspectos da ciência que aqueles arquetípicos.

7.4. Designação do “Ano do Ensino das Ciências”. Declarar 2009 como o Ano do Ensino das Ciências, a fim de unir esforços que fomentem a realização de diversos eventos científicos e de divulgação.⁵

7.5. Institucionalização das políticas de divulgação científica. Criar um programa nacional de divulgação científica, de caráter interministerial, para promover a realização, coordenação e integração de atividades de divulgação científica em nível nacional referentes à alfabetização científica da população em geral.

74

Recomendação 8

Recomenda-se a promoção de iniciativas extracurriculares que consigam atrair os alunos para o mundo das Ciências e da Matemática.

Ações sugeridas

8.1. Realização de olimpíadas e feiras de Ciências. Promover estas iniciativas com atividades que contribuam para que meninos, meninas e jovens adquiram gosto e entusiasmo por estas disciplinas, assim como para a formação contínua dos docentes.

8.2. Museus de Ciências. Implementar ações que promovam os museus de ciência como um instrumento para o melhoramento do ensino de Ciências e de Matemática.

8.3. Acampamentos e clubes de Ciências. Promover outras iniciativas como os acampamentos científicos, a realização de práticas de laboratório por parte dos estudantes de nível médio em centros de pesquisa, e os clubes de Ciências.

⁵ Isto constitui um desses milagres a que não estamos acostumados. Em uma das reuniões da comissão, surgiu a proposta do “Ano de Ensino de Ciências” e todos nós pensamos que era uma louca ideia atirada quase ao azar entre um café e uma massinha. O certo é que todos nos surpreendemos quando, pouco depois, anunciou-se que, efetivamente, 2008 seria tal ano para a República Argentina, com todas suas consequências factuais e simbólicas.

Recomendação 9

Recomenda-se prever a disposição de recursos financeiros de forma prioritária, contínua e sustentada no tempo, que assegure o cumprimento das metas estabelecidas pela Comissão, por meio dos mecanismos que se considerem mais adequados.

Considerar uma partida orçamentária específica para o melhoramento do ensino de Ciências e Matemática, dados os altos custos envolvidos em algumas das ações aqui sugeridas.

Até aqui as propostas e recomendações são úteis ao serem exemplificadas no presente documento, já que constituem o fruto de um trabalho em comum entre cientistas e educadores. Certamente só algumas verão a luz no futuro próximo, e serão muito bem-vindas e, talvez, imitadas em outros países da região, acompanhando o que já se está fazendo ou planejando. Um futuro sem Ciências, e sem que se possa desfrutar amplamente do ensino delas em todos os níveis, não é um futuro.

FINAL COM CIÊNCIA

Dizíamos, então, que as perguntas são fundamentais no ensino de Ciências. Uma das perguntas mais temidas na sala de aula é o famoso “e o que faço com isso?” ou “para que serve isto, professor?”. Obviamente a resposta de que “farão de vocês melhores pessoas” não costuma ser a mais satisfatória, e muitas vezes lançamos mão do que sabemos, “vamos ver isso mais adiante”.¹ E o “mais adiante”, sabemos, não chega nunca. Contudo, a maioria das perguntas que introduzimos na sala de aula é aquela que nossos estudantes não se perguntaram nem o fariam jamais – por isso é complicado gerar um interesse genuíno em sua resolução.

Voltemos ao conceito de ensinar Ciências como uma preparação para instâncias superiores. Em termos de paradigmas científicos, estaríamos preparando nossos alunos para a chamada “ciência normal”, ou seja, os conceitos estabelecidos nas diversas disciplinas para a época e conjuntura específica. Assim, ficaríamos com uma ínfima proporção de estudantes aos quais estaria realmente dedicada esta educação científica. Obviamente, então, o planejamento do currículo em Ciências deve apoiar-se em outras necessidades e outros públicos mais amplos.

O assunto de “por que” e “para que” ensinar Ciências na escola é relevante de muitos pontos de vista.² Entre outras coisas, leva-nos diretamente à questão dos conteúdos e métodos e, é óbvio, a quem deve decidir o que é relevante para a ciência escolar. Novamente, muito diferente será considerar uma finalidade propedêutica, que implicará recortes disciplinadores específicos na preparação para os estudos superiores, que uma alfabetizadora e decididamente mais universal. Neste sentido, é possível pensar em múltiplas finalidades possíveis de ensino de Ciências, com objetivos díspares que obviamente levam a práticas completamente diferentes.³

¹ Talvez esse mais adiante se refira à etapa universitária, como afirmam Furió C.; Vilches A.; Guisasaola J.; Romo V. Finalidades do ensino de Ciências no segundo grau obrigatório. Alfabetização científica ou preparação propedêutica? *Ensino de Ciências*, 19(3), 365-376, 2001. Mas isso, claro, exclui uma boa proporção de estudantes e, sobretudo, não satisfaz o objetivo principal do ensino das Ciências.

² ACEVEDO DÍAZ, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1: 3-16, 2004.

³ AIKENHEAD, G. S. *Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula*, 2003. http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.

1. Ciência para prosseguir estudos científicos.
2. Ciência para tomar decisões nos assuntos científico-tecnológicos.
3. Ciência para trabalhar nas empresas.
4. Ciência para seduzir ao alunado (mais relacionado com divulgação que com educação em Ciências).
5. Ciência útil para a vida cotidiana.
6. Ciência para satisfazer a curiosidade.
7. Ciência como cultura.

Em termos simplistas, essa multiplicidade de objetivos poderia dividir-se em duas grandes famílias: ensinar Ciências para algo concreto (em termos trabalhistas ou de estudos superiores) ou ensinar Ciências porque sim (uma maneira um tanto irônica de dizer que o processo é válido em si mesmo, e que a função alfabetizadora cobre horizontes mais amplos e até inexplorados).

A história do conceito de “alfabetização científica” (scientific literacy) talvez se remonte a certa época, a meados do século XX, quando os EUA viram naufragar sua supremacia na área da ciência e da tecnologia (a explosão que representou a colocação em órbita do Sputnik por parte da União Soviética foi muito forte e teve amplas consequências na sociedade norte-americana). Um dos subprodutos desta mudança cultural foi o derrame que teve sobre as atividades de educação e difusão das Ciências: se queremos ganhar dos vermelhos, diziam, teremos que começar pelo princípio: educar a população em princípios científicos que logo se traduzam em conquistas tecnológicas concretas.⁴ Se a educação do século XIX se centrou em uma alfabetização às secas, a do século XX (principalmente a partir de sua segunda metade) pôs maior ênfase na formação de uma cidadania responsável e preparada para confrontar as mudanças culturais, científicas e tecnológicas em curso (daí para conseguir há um longo caminho).⁵

Então, se a finalidade da ciência na escola é formar esse tipo de cidadão, isto

⁴ BYBEE, R. W. *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann, 1997.

⁵ FOUREZ, G. Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science* 27, 903-936, 1997

suporta uma mudança radical nos conteúdos e métodos de ensino que incorporem muito dos conceitos vertidos neste documento (e, é óbvio, em muitos artigos e livros sobre o tema). O problema, novamente, é o abismo entre as boas intenções e as realidades da sala de aula, que mantêm a tradição enciclopédica que, em face do que poderia considerar-se em forma intuitiva, é relativamente mais singelo para o docente que o fato de abrir o jogo e entregar-se à busca do conhecimento científico com os alunos.

Se a função propedêutica da ciência escolar deixa de fora quase todos os alunos “normais”, o bom do enfoque alfabetizador é absolutamente inclusivo, o que compreende além os futuros aprendizes de cientistas, tão cidadãos como o que mais. Do mesmo modo, não se deve esquecer que a alfabetização científica não se esgota, e a escola, muito menos, mas inclui a educação não formal, a educação contínua e, sobretudo, os diferentes modos de comunicação pública da ciência.⁶

Dentro desse esquema, a apresentação da ciência dentro de um contexto social (como pretende no enfoque “ciência, tecnologia e sociedade”) é fundamental para uma compreensão cabal de seus alcances e limites. Assim, entender as relações sociais da atividade científica e tecnológica, assim como a já descrita “natureza da ciência”, estará a par da aprendizagem dos conteúdos básicos da área.

De qualquer maneira e como reflexão final, fomentar o ensino de Ciências em todos os níveis educacionais é imaginar um futuro. Como sugerem Milhar e Osborne,⁷ as quatro perguntas principais da educação científica atual, porém com um olhar para a frente, são as seguintes:

1. Quais são os êxitos e fracassos da educação em Ciências atualmente?
2. De que tipo de educação científica necessitam os jovens de hoje em dia?
3. Qual seria o conteúdo e estrutura de um modelo adequado e factível do currículo de Ciências para todos os jovens?
4. Quais problemas traria a implementação de tal currículo, e como se resolveriam esses problemas?

No fundo a discussão aponta a disparidade entre os conteúdos atuais, os interesses dos alunos e as necessidades reais dos estados e diversas regiões

⁶ Ver <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html> e http://folk.uio.no/sveinsj/STE_paper_Sjoberg_UNESCO2.htm

⁷ MILLAR, R.; OSBORNE, J. F. *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College, 1998.

do mundo. Os assuntos científicos e tecnológicos, como vimos, cobram uma importância crescente em nossa vida cotidiana e demandam uma população com a suficiente preparação para entender do que tratam os debates contemporâneos; não só isso: também devem tomar partido do assunto. Além das ferramentas de formação contínua e das estratégias de comunicação pública da ciência que (sadiamente) se adotam, o certo é que tudo começa na sala de aula – e, em nosso caso, na sala de aula de Ciências, que deveria ser o berço de perguntas e paixões. A falta de introdução de uma agenda científica na sala de aula não se pode compensar com nenhuma atividade ou iniciativa posterior –, a janela da curiosidade se fecha mais cedo que tarde.

80 Talvez em nossos países esta necessidade seja até mais urgente devido ao relativo atraso que existe na área: o ensino de Ciências costumava (costuma?) ser relegado a um segundo plano, tanto por docentes e diretores quanto por alunos. Além da necessidade imperiosa de fazer ciência na escola, o fantasma dos requerimentos tecnológicos inalcançáveis para este fim pode ser facilmente eliminado, dado que o que se requer é uma mudança completa no enfoque do ensino, além da revisão de conteúdos ou da necessária renovação de material educacional. Neste sentido, a velha e nunca bem ponderada germinação do feijão – por acaso a única experiência científica que se realizava em níveis educacionais básicos durante muito tempo – pode ser resgatada se se conseguir olhar com novos olhos, inquisidores e curiosos. Não investir no ensino de Ciências equivale a investir na pobreza intelectual e material, e é um luxo que não podemos nos dar.

A Ciência é uma arma carregada de futuro.

APÊNDICE: DESFILE DE MODELOS

Nesta seção apresentamos alguns exemplos de estratégias implementadas para o ensino de Ciências, que seguem alguns dos preceitos comentados neste documento. A lista é obviamente muito breve e só apresenta alguns casos dentro de um universo de experiências que vale a pena conhecer antes de implementar um caminho próprio.

La main à la pâte (A mão na massa) – <http://www.lamap.org/>

Da mão do prêmio Nobel Georges Charpak, este programa se iniciou em 1996 coordenado pela Academia Francesa de Ciências, com o apoio do Instituto Nacional de Pesquisa Pedagógica e a École Normale Supérieure (Paris), em conjunto com o Ministério da Educação da França. Este programa nacional (ao qual no começo aderiram outros notáveis pesquisadores franceses, como Pierre Lena e Yves Quéré) persegue desenvolver a educação científica e tecnológica na escola fundamental e até o jardim da infância. A ideia é implementar a aprendizagem por pesquisa e indagação no início mesmo da escolaridade, aproveitando a curiosidade e criatividade das crianças e fomentando uma atitude crítica diante do mundo. O êxito do programa se mede não só em suas conquistas locais, mas também em sua exportação para outros países em todo o mundo. É um programa completo, que sugere tarefas para a sala de aula, organiza oficinas para docentes, publica documentos e livros, implementa projetos de colaboração etc.

81

Projeto de Alfabetização Científica – <http://redteleform.me.gov.ar/pac>

É uma versão local do programa francês “A mão na massa”, e está dirigido especificamente ao ensino de Ciências na Educação Básica. O objetivo é muito amplo: promover, valorizar e divulgar a ciência e a tecnologia, assim como melhorar a educação científica em todos os níveis e modalidades para contribuir para a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente e despertar vocações científicas. Mas indo concretamente ao tema, a ideia central é transformar as escolas fundamentais em centros de promoção, divulgação e valorização da ciência, recuperando seu potencial educacional. Implementou-se de forma muito bem-sucedida nas províncias de Corrientes e Chaco.

Existem variações de “A mão na massa” em vários países latino-americanos, incluindo o programa “Pequenos cientistas” na Colômbia.

(<http://pequenoscientificos.uniandes.edu.co/>), “A mão na massa” no Brasil (educar.sc.usp.br/mm) e o programa ECBI no Chile (www.ecbichile.cl).

A ciência em sua escola – <http://www.lacienciaentuescuela.amc.edu.mx/>

Trata-se de um programa da Academia Mexicana de Ciências (com o apoio da Secretaria de Educação Pública) que tende a melhorar a atitude dos professores de Educação Básica e Média para a Matemática e as Ciências, assim como a atualização dos conhecimentos nessas disciplinas. Também implica vincular cientistas e estudantes de Ciências com docentes, visto que realizam seu trabalho social diretamente nas escolas. Entre suas ações há estudos de pós-graduação, conferências e materiais de estudo sobre conteúdos atualizados de Ciências e Matemática.

82

Aprendizagem baseada em problemas – <http://www.udel.edu/pbl/>

É um programa da Universidade de Delaware (EUA) que propõe diversos métodos para o ensino de Ciências baseado na resolução de problemas “da vida real”. Seus autores sugerem que o método desenvolva o pensamento crítico e analítico, e lhes permita aproveitar de forma ótima os recursos educacionais a seu alcance.

Projeto Galileo (Harvard University) – <http://galileo.harvard.edu/>

É um projeto de pesquisa sobre a educação em Ciências, particularmente na área da Física, no qual se inserem diversos cientistas, incluindo o grupo do Eric Mazur da Harvard. Embora neste momento se converteu, em parte, em uma iniciativa comercial (vendem material educacional, incluindo DVDs), as bases do projeto são as de uma aprendizagem guiada por colegas e peritos, assim como a participação ativa dos estudantes nas aulas de Ciências.

Projeto Scale-Up – www.ncsu.edu/per/scaleup.html

O nome vem das siglas (em inglês) de “atividades centradas nos estudantes em classes numerosas”. Embora se refira principalmente a estudos universitários em Ciências, propõe uma série de técnicas e estratégias educacionais para o ensino das Ciências em cursos numerosos (mais de 100 alunos) de qualquer nível. Propõe fomentar o trabalho colaborativo entre os estudantes, com uso de computadores e experiências de laboratório.

Aprendizagem por casos

www.bioquest.org/lifelines/

<http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases.case.html>

<http://www.educared.org.ar/enfoco/lapuntadelovillo/>

<http://brighamrad.harvard.edu/education/online/tcd/tcd.html>

Esses sites propõem uma série de casos para serem utilizados na aula de Ciências em diversos níveis educacionais. Os estudantes resolvem situações realistas (embora complexas), aplicando o conhecimento adquirido de maneira criativa e até lúdica. Em muitos exemplos, os casos se baseiam em situações diretamente relacionadas com histórias reais de pesquisa científica.

Aprendizagem por indagação

www.plantpath.wisc.edu/fac/joh/bbtl.htm

www.bioquest.org/

<http://campus.murraystate.edu/academic/faculty/terry.derting/ccli/cclihomepage.html>

www.dnai.org

Esses sites proveem alguns exemplos especialmente úteis para a aprendizagem por indagação na sala de aula, com temáticas concretas que vão da Física à Biologia Molecular.

The Teacher Scientist Network (a rede de docentes-cientistas)

<http://www.tsn.org.uk>

É uma iniciativa local da área de Norfolk no Reino Unido, que busca associar docentes com cientistas de maneira a facilitar o ensino de Ciências com conteúdos atualizados e relevantes. De passagem, propõem que com isso se abandone o estereótipo do cientista excêntrico, e obtém-se uma boa interação com o alunado. Os cientistas visitam a escola periodicamente e colaboram no desenvolvimento de pesquisas escolares.

Instituto Docente do Exploratorium – <http://www.exploratorium.edu/ti/>

O Exploratorium de São Francisco é possivelmente o pioneiro na museologia interativa em Ciências, é um exemplo de ensino informal, copiado até a saturação em diversos países (com total anuência da instituição, já que publica o “receituário” para repetir as diversas exposições e módulos). Há mais de vinte anos o museu tem um instituto associado no qual são ministrados cursos e elaboram-se experiências para o uso de docentes de Ciências de nível fundamental e médio. As atividades estão fundamentadas na experimentação permanente e

na construção de modelos, e um enfoque puramente prático. Entre outros eventos, realiza uma escola de verão, que já é um clássico, para a qual, inclusive, se oferecem bolsas aos docentes interessados.

Algumas revistas (em espanhol) sobre o ensino de Ciências:

Ensino de Ciências – enciencias.uab.es/

Revista Eletrônica sobre Ensino das Ciências – saum.uvigo.es/reec/

Revista Eureka de Ensino e Divulgação das Ciências – www.apac-eureka.org/revista/

BIBLIOGRAFIA CITADA E CONSULTADA

- AGUILAR, T. *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, 1999.
- CARLINO, P. *Escribir, leer y aprender en la universidad*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.
- CARRETERO, M. *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos Aires: Aique, 1997.
- Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias. Informe Final. Ministerio de Educación, 2007.
- DE LA HERRÁN, J. *Física y música*. México: ADN Editores, 2007.
- GARCÍA, H.; GARCÍA, L. *La química en el arte*. Mexico: ADN, 2007.
- GELLON. G.; ROSENVASSER FEHR, E.; FURMAN. M.; GOLOMBEK D. A. *La ciencia en el aula: lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla*. Buenos Aires: Paidós, 2005.
- GONZALEZ CASANOVA, P.; ROITMAN ROSENMAN, M. *La formación de conceptos en ciencias y humanidades*. México: Siglo XXI Editores, 2006.
- FOUREZ, G.; *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Colihue, 1997.
- FUMAGALLI, L. *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Troquel, 1993.
- FURMAN, M.; ZYSMAN, A. *Ciencias naturales: aprender a investigar en la escuela*. Buenos Aires: Novedades Educativas, 2001.
- HANDELSMAN J.; HOUSER B.; KRIEGEL H. *Biology Brought to Life: A Guide to Teaching Students to Think Like Scientists*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- HARCOMBE, E.S.; *Science teaching/Science Learning*. New York: Teachers College Press, 2001.
- JACQUARD, A. *La ciencia para los científicos*. México: Siglo XXI Editores, 2005.
- LEVINAS, M. L. *Ciencia con creatividad*. Buenos Aires: Aique, 2007.
- LIGHTMAN, A. *The discoveries*. New York: Vintage Books, 2005.
- LITWIN, E. *Tecnología educativa*. Buenos Aires: Paidós, 1995.
- MANCUSO, R. *Clubes de ciencias*. Porto Alegre: CECIRS, 1996.
- MILLAR, R.; OSBORNE, J. F. *Beyond 2000: Science Education for the Future*. London: King's College, 1998.
- MINNOCK SANTA, C.; ALVERMANN, D. *Una didáctica de las ciencias*. Procesos

y aplicaciones. Buenos Aires: Aique, 1994.

- OCDE. PISA 2006, Marco de la Evaluación. España: Santillana, 2007.
- POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. *Aprender y enseñar Ciencia*. Madrid: Ediciones Morata, 1998.
- RELA, A. *Física y artefactos domésticos*. Buenos Aires: Ed. Angström, 1994.
- WAGENSBERG, J. *El gozo intelectual*. Barcelona: Tusquets, 2007.



Sangari Brasil

Ben Sangari

PRESIDENTE

Jorge Werthein

VICE-PRESIDENTE

Álvaro Oliveira

DIRETOR DE SUPPLY CHAIN

Ana Rosa Abreu

DIRETORA EDUCACIONAL

Bianca Rinzler

DIRETORA DE MARKETING

Cristiane Almeida

DIRETORA DE CONTROLADORIA E AUDITORIA INTERNA

David Moisés

DIRETOR DE COMUNICAÇÃO

Maristela Sarmiento

DIRETORA DE IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS EDUCACIONAIS

Paulo Cesar Breim

DIRETOR DE STRATEGIC TECHNOLOGY GROUP

Rebeca Ouro Preto

DIRETORA ADMINISTRATIVO-FINANCEIRA

Toddy Wright

DIRETOR DE PROJETOS ESPECIAIS