

AS ORIGENS DO SABER

das concepções
dos aprendentes
aos conceitos
científicos

2ª edição

ANDRÉ GIORDAN

Docteur en didactique des sciences.
Professeur à l'Université de Genève.
Directeur de recherche à l'Université de Paris VII.
Consultant dans les domaines de la culture, de
l'éducation et la communication scientifiques et
industrielles auprès des organismes internationaux.

GÉRARD DE VECCHI

Docteur en didactique des sciences.
Professeur à l'École normale de Corbeil.

Tradução:
Bruno Charles Magne

Consultoria, supervisão e revisão
técnica desta edição:

José Luiz Caon

*Professor universitário, psicanalista,
beletrista e psicólogo.*

*Especialista em Epistemologia e
pesquisador do GEEMPA.*

*Doutor e pesquisador em Psicanálise e
Psicopatologia.*

Waldomiro Domingos Caon
*Professor secundário e universitário
na área de Ciências na
Universidade de Caxias do Sul, RS.*



ARTES
MÉDICAS

PORTO ALEGRE, 1996

G497o Giordan, André
As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos / André Giordan e Gérard de Vecchi; trad. Bruno Charles Magne.-- 2. ed. -- Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

I. Educação - Ampliação do conhecimento
I. Vecchi, Gérard de. II. Título.

CDU 37.018-8:001.2

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto - CRB 10/1023

ISBN 85-7307-161-3

Obra originalmente publicada sob o título
Les origènes du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques
© Delachaux & Niestlé, S.A., 1990.

Capa:
Mário Röhnelt

Preparação do original:
Neiva Freitas, Rita de Cássia Knevez

Supervisão editorial:
Leticia Bispo de Lima

Editoração eletrônica:
AGE – Assessoria Gráfica e Editorial Ltda.

Reservados todos os direitos de publicação em língua portuguesa à
EDITORA ARTES MÉDICAS SUL LTDA.
Av. Jerônimo de Ornellas, 670 - Fones 330-3444 e 330-2183
Fax (051) 330-2378 - 90040-340 Porto Alegre, RS, Brasil

LOJA CENTRO
Rua General Vitorino, 277 - Fone 225-8143
90020-171 Porto Alegre, RS, Brasil

IMPRESSO NO BRASIL
PRINTED IN BRAZIL

Agradecemos a Nicole Chomilier, Fabien Gruhier e José Maria as contribuições diretas, bem como aos colegas do Laboratório de Didática e Epistemologia das Ciências da Universidade de Genebra, do Seminário (com o mesmo nome) da Universidade de Paris VII, da pesquisa INRP-CNRS (Instituto Nacional da Pesquisa em Pedagogia do Conselho Nacional da Pesquisa Científica) sobre os processos de aprendizagem e do LIRESP, que discutiram e enriqueceram nossas idéias.

Agradecemos também a colaboração do Centro Nacional da Pesquisa Científica e de Viviane Vuilleumier.

SUMÁRIO

Apresentação à Edição Brasileira	7
<i>José Luiz Caon</i>	
Introdução	9

PARTE 1

ESTADO DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS ADQUIRIDOS

Capítulo 1

O Saber Científico É Mal Proposto	19
1. A Educação Científica em Xeque	19
2. O Saber é rapidamente Esquecido	23
2.1. A Digestão	23
2.2. O Saber Químico	26
3. Nem sempre o Saber é Transmissível	29
3.1. O ADN	29
3.2. A Situação da Terra em Relação ao Sol: da Terra Geocêntrica a uma Visão Heliocêntrica	33
4. O Saber não Garante um Papel Integrador e não é Reinvestível	35
4.1. O Glóbulo Branco	35
4.2. A Respiração do Peixe-vermelho	37
4.3. A Nutrição das Plantas	40
4.4. O Ciclo da Mulher e o Período de Fertilidade	42
4.5. Alguns Conceitos de Mecânica	44

Capítulo 2

Obstáculos contra a Apropriação do Saber	49
1. As Causas dos Desfuncionamentos Constatados	49
2. Níveis Atuais dos Escritos de Divulgação Científica	53
3. Algumas Dificuldades Levando em Conta o Aprendente	58
3.1. Primeiro Exemplo, um Manual Escolar: "Porta Aberta para as Ciências"	59
3.2. Segundo Exemplo: Gravação de um Curso de Química - Crianças com 12-13 Anos	66

PARTE 2

AS CONCEPÇÕES DOS APRENDENTES

Capítulo 3

Quadro Teórico

1. As Fontes Históricas	75
-------------------------------	----

2. A História Recente	82
3. Dimensões Conceptuais da Idéia de "Concepção dos Aprendentes"	88
3.1. Uma Concepção Corresponde a uma Estrutura Subjacente	89
3.2. Uma Concepção é um Modelo Explicativo	92
3.3. As Concepções Têm uma Gênese ao Mesmo Tempo Individual e Social	94
4. Função e Lugar das Concepções nos Processos de Aprendizado	95
4.1. Fundamentos	96
4.2. Funcionamento	100
Capítulo 4	
Metodologia	104
1. Coleta da Informação	104
1.1. Modo de Elaboração das Diferentes Ferramentas Utilizadas	106
2. Tratamento da Informação	113
Capítulo 5	
Exemplo de Tipologia de Concepções	120
1. Quem Fabrica o Nenê?	121
1.1. Papéis do Pai e da Mãe	121
1.2. O Aporte das Células Sexuais	122
2. Fecundação e Desenvolvimento	126
3. A Vida do Embrião e do Feto	129
4. O Ciclo da Mulher	130

PARTE 3

CONCEPÇÕES, UMA FERRAMENTA DE INTEGRAÇÃO E DECISÃO

Capítulo 6	
Estado das Idéias sobre a Conceptualização do Ponto de Vista Didático	137
1. Necessidade de Estudos Específicos	137
2. Será que as Concepções Correspondem a Meios de Conhecer ou a Obstáculos a Serem Vencidos?	140
3. Aprender "com" e "contra" as Concepções	144
Capítulo 7	
Aportes da História das Ciências para a Construção dos Conceitos	149
1. O Saber Científico não é imediatamente Integrado	149
2. As Concepções Prévias Representam um Obstáculo Determinante	153
3. Os Conceitos Correspondem exatamente a Construções	155
4. Lugar da História das Ciências nas Pesquisas Didáticas	158
Capítulo 8	
O Questionamento	161
1. A Falta de um Verdadeiro Questionamento Traduz uma Parada na Construção do Pensamento	161
2. Será Mesmo Possível Partir do Questionamento dos Aprendentes?	164
3. Como Transformar a Surpresa em Questionamento?	167

Capítulo 9	
O Lugar das Confrontações	170
1. A Confrontação nas Atividades Funcionais	171
2. O Papel da Confrontação na Estruturação dos Conhecimentos	174
3. As Concepções Falsas Devem Ser Destruidas?	176
4. O Lugar das Concepções Falsas e o Campo da Validade de um Saber	180
Capítulo 10	
Dos Conceitos aos Campos Conceptuais	183
1. O Lugar da Conceptualização na Elaboração do Saber Científico	183
2. A Aura Conceptual	184
3. Níveis de Formulação e Patamares de Integração	189
Capítulo 11	
Os Modelos Didáticos	195
1. Definição e Lugar dos Modelos	196
2. Modelos Mal-adaptados	198
3. Condições de Elaboração dos Modelos Didáticos	202
4. Utilização dos Modelos Didáticos	206
Conclusão	215

APRESENTAÇÃO À EDIÇÃO BRASILEIRA

José Luiz Caon

O livro que o leitor tem em mãos trata das aprendizagens das ciências. A peculiaridade do enfoque dos autores consiste na forma feliz com que puderam contrapor as aprendizagens escolares das ciências propostas pelos ensinantes às aprendizagens prévias (não escolares) que todo aprendente já possui quando entra em contato com o saber escolar. É verdade que muitos aprendentes saem da escola ainda contando com suas aprendizagens prévias, apesar de saírem com certificado ou diploma... Mas mal pior é entrar na escola e nela continuar como ensinante apenas contando com os saberes prévios que resistiram à passagem pela escola secundária e pela universidade...

O grande desafio proposto aos ensinantes, em geral, e aos ensinantes de ciências, em particular, centra-se na engenhosidade do ensinante capaz de identificar, designar e desafiar as formas prévias de aprendizagens dos aprendentes. Essa é uma tarefa para a qual o ensinante não foi preparado nos cursos secundários e universitários. Não é exagerado dizer que essas escolas ainda existem porque são as únicas que podem dar títulos e diplomas. Na verdade, deveriam ser capazes de fornecer competências e capacitação. Mas isso já seria pedir demais...

É duro e amargo constatar que as grandes pesquisas da Pedagogia, da Didática e da Psicopedagogia não são feitas nas escolas nem do primeiro nem do segundo nem do terceiro grau. Querer examinar se as escolas privadas ou públicas são umas piores do que as outras é apenas escamotear o problema, já que umas e outras não têm equipes suficientemente bem remuneradas de pesquisadores nessas áreas. Assim, o perigo deste livro - o maior de todos - é o de ter o destino de ser mais um dos tantos textos utilizados pelos "pesquisadores" e "aprendizes de pesquisa" universitários que adotam os achados dos pesquisadores franceses, americanos, etc., para dissimular a incapacidade e a inexequibilidade de pesquisas nacionais, mal de que todos sofremos dentro e fora das universidades, públicas ou privadas.

Se o saber científico não consegue ocupar o lugar do saber prévio dos ensinantes e aprendentes, então, é claro que esses devem continuar com seus saberes e, depois da escola do primeiro, segundo ou terceiro grau, continuar com os manuais e livros de auto-ajuda e exoterismo.

Entretanto, *somente* os governos e as empresas da cultura com investimentos cada vez mais vultosos na educação e nas pesquisas educacionais poderão capacitar os ensinantes a desafiarem as aprendizagens prévias dos aprendentes que chegam às escolas. Sem um saber científico eficaz com o qual os aprendentes possam se confrontar nas escolas, esses continuarão tendo como único tesouro suas aprendizagens

prévias. E alguém poderia desvalorizar esse conhecimento prévio sem oferecer um outro científico?

O presente livro é realmente uma lição para pais, ensinantes, aprendentes de pesquisa e divulgadores científicos de mídias que desejam e são capazes de levar o saber das ciências a aprendentes ávidos e sedentos de saber científico. Oxalá que, na esteira dessas pesquisas dos autores franceses, os trabalhadores brasileiros da educação possam vir em breve com trabalhos semelhantes e melhores, mostrando que o enxerto do saber científico do ensinante no saber prévio do aprendente é um pacto de eficácia e renovação das aprendizagens escolares.

INTRODUÇÃO

*“Se eu te der um peixe, tu comerás apenas um.
Se eu te ensinar a pescar, comerás peixe por muito tempo.”*
(Provérbio de Nice ou Cannes)¹

Felizmente, o problema da transmissão dos conhecimentos está, enfim, exposto à plena luz do dia. Já vão quase dez anos que estávamos tentando abordá-lo, desde o ângulo da aquisição do saber científico, o qual é a nossa área de competência². Outrossim, limitando-nos nesse aspecto, aliás, é que gostaríamos de tecer alguns comentários sobre essa importante questão, pois ela ultrapassa o quadro estrito da escola.

Com efeito, um certo número de pesquisas, tanto na Europa como na América do Norte, evidencia que hoje em dia, a maior parte do saber científico, ensinado durante a escolaridade, é esquecida após alguns anos, alguma semanas até... se é que foi realmente adquirida alguma vez. Sua transmissão é laboriosa e não garante um papel integrador, em particular perante o fluxo de informações que nos chega das mídias. Por fim, é dificilmente reutilizável na vida diária, quer seja na discussão com um especialista (por exemplo, um médico), quer seja na vida profissional para orientar uma decisão³. E isso acontece na alvorada do século XXI, num mundo amplamente dominado pela ciência, e numa época em que as mídias ampliam a importância da menor inovação tecnológica!

Ainda assim, antecipar a questão da aprendizagem dos conhecimentos e opô-la ao despertar da personalidade ou à aquisição de processos de pensamento é um engano ou um *slogan* conjuntural pouco fundado, se dois outros problemas não forem também realçados ao mesmo tempo. Quais conhecimentos devemos transmitir? Como transmiti-los, se quisermos ter alguma chance de “repassá-los”?

Quais conhecimentos transmitir? Trata-se com efeito de uma pergunta importante, pois, será possível continuar, por muito tempo, impondo programas insensatos, quando apenas 10% dos alunos podem comprovadamente ter acesso a eles? Um estudo comparativo das instruções oficiais vigentes nos diversos países europeus parece revelador a esse respeito: os programas alemães, suíços, por exemplo, são menos carregados do que os franceses, os italianos; no entanto, os resultados econômicos e sociais desses países não são desprezíveis.

¹ Os autores continuam debatendo essa origem.

² A. GIORDAN *et al.* *Quelle éducation scientifique pour quelle société?* P.U.F., Paris, 1978.

³ A. GIORDAN, *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Centurion, Paris, 1978.

Continuar-se-á, por muito tempo, impondo conteúdos incoerentes, por sucessivas reduções a partir do que é pedido nos cursos preparatórios das grandes escolas, isso determinando o trabalho das classes terminais, induzindo, por necessidade, os programas anteriores até o início do segundo grau, ou mesmo antes? Porém, 1% apenas dos alunos terá acesso a esses cursos preparatórios. Que desperdício para os outros! Continuar-se-á, por muito tempo, ensinando conhecimentos anedóticos ou ultrapassados, porque sua frequência ocasional pode fazer pensar que são indispensáveis? Tanto mais assim que a maioria dos programas são, ora o produto de uma reflexão do estilo “ao redor da mesa”, ora nascem de um delicado consenso entre diversos grupos de pressão formados unicamente por especialistas; em suma, foram elaborados sem que houvesse uma verdadeira pesquisa a seu respeito.

Ou seja, é preciso uma grande reflexão sobre esse ponto, pois essa questão encobre toda uma série de outras. Por um lado, transmitir saberes, mas para fazer o quê? Será que devemos ingerir conhecimentos para uma futura profissão científica ou técnica? Será que devemos aprender as ciências para conhecer e assumir o corpo ou o entorno habitual e técnico no qual vivemos? Será que devemos adquirir um saber porque a ciência representa um pretexto, como foi o caso do latim, para desenvolver qualidades intelectuais?, etc. Conforme se persiga uma ou outra dessas finalidades, será diferente a escolha dos saberes a serem privilegiados. Ora, essa definição dos objetivos que devem ser atribuídos à educação não pode depender da decisão de um administrador ou de uma comissão qualquer. Precisa ser debatida e seria bom que fosse o objeto de um consenso nacional..., europeu mesmo.

Quais conhecimentos são, pois, necessários à nossa época? A escola não pode mais limitar-se a um conjunto de saberes definidos, isso por vários motivos. Em primeiro lugar, prevê-se (e começa-se a constatar) um crescimento exponencial dos conhecimentos, os quais serão multiplicados por cem a cada vinte anos. Pouco importa esse número que pode prestar-se à discussão em nível dos “especialistas”: o fato existe e não será sem consequências para o sistema educativo: será que prolongaremos o número de assuntos a serem tratados (e, portanto, o número de horas) de um fator equivalente? Além disso, será possível prever que conhecimentos serão funcionais daqui a 10 anos, 20 anos? Por fim, os meios de comunicação de massa, a informática, a telemática irão revolucionar os modos de informação. A escola já não é mais o único lugar de aprendizagem do saber; ela corre até o risco de ser cada vez mais ocultada por essas técnicas mais atraentes.

Aqui, também, mutações devem ser preparadas, pois trata-se de ser prospectivo nessa matéria. O problema dos conhecimentos ameaça, a curto prazo, tornar-se tão agudo quanto o da energia hoje; não por seu esgotamento, mas por sua superabundância e rápida renovação. Perante esse acelerado desenvolvimento, um certo número de escolhas draconianas deve ser feito.

Ademais, a apropriação do saber pelo cidadão não será automática. Observa-se, desde já, no quadro da escola, que os alunos... e até os estudantes⁴ estão pratica-

mente paralisados ante a massa de informações com as quais se confrontam. Só assimilam algumas partes que constituem, em sua mente, uma estranha miscelânea composta de conhecimentos fragmentados, parcelados, e em caso algum, operatórios.

Ante isso, a escola não pode mais reduzir-se a um programa de conhecimentos; ao contrário, ela tem a obrigação de ser inovadora a esse respeito, pois ela pode conservar toda sua importância. Deve promover o saber enquanto ferramenta, por um lado centrando-se numa dezena de conceitos básicos que constituem outros tantos ângulos de abordagem da realidade atual, por outro lado aprendendo a organizar a massa dos conhecimentos atuais. Quanto a esse último plano, se ela quiser evitar que o aluno se perca ou seja ultrapassado por esse fluxo continuamente renovado, a escola deve em primeiro lugar obrigatoriamente aprender a separar os conhecimentos, gerenciá-los, estruturá-los, situar-se em relação a eles, conhecer suas áreas de validade... e mesmo produzi-los!

A partir disso, levanta-se a questão de saber como “repassar” os conhecimentos para que conservem suas qualidades de eficácia e, portanto, seu interesse instrutivo.

Não é, na verdade, um simples problema de prática pedagógica; situa-se em termos de relação com o saber. Nesse plano, um grande número de trabalhos – e os países europeus não estão atrasados nessa área – mostram que não é porque o professor realizou todo o seu programa e ministrou seu curso seriamente que ele fez adquirir um saber. Esse não se integra pela simples transmissão passiva de uma pessoa “que sabe” para um aluno que ignora.

Ao contrário do que se pensa empiricamente, o ensino de um saber é um processo complexo, porque é ativo. Essa última palavra, no entanto, precisa ser explicitada, pois ela tem sido aviltada em demasia; não é porque o aprendente se mexe ou se agita e responde a adivinhações propostas pelo professor que é intelectualmente ativo. Inversamente, pode-se não ficar passivo ante uma situação magistral. Isso significa sobretudo que quem aprende deve apropriar-se de cada parcela do saber.

Donde um conjunto de limitações evidenciadas por recentes pesquisas de psicologia, didática e epistemologia: importância da motivação, ou, ao menos, do sentimento de “utilidade” do saber; prioridade para as atitudes e processos científicos que subtendem os saberes, em particular para os alunos jovens; elaboração contínua e individual, por aproximações sucessivas, dos conhecimentos a partir de e contra as concepções e os sistemas de pensamento dos aprendentes; aportes seletivos e pluriargumentados do ensino, uma espécie de interface entre o aluno e o conhecimento, etc...

Por que, então, não centrar a escola, a cultura, sobre o saber? “Conhecer” não é apenas reter temporariamente uma multidão de noções anedóticas ou enciclopédicas para “regurgitá-las”, como o pede o ensino atual. “Saber” significa, primeiro, ser capaz de utilizar o que se aprendeu, mobilizá-lo para resolver um problema ou aclarar uma situação, enquanto o ensino atual impõe a passividade e o tédio, e o aluno, longe de encontrar uma motivação (na falta de uma vocação), apressa-se em esquecer rapidamente tudo, logo após ter sido aprovado no exame.

⁴ Na França, “estudante” refere-se unicamente ao nível universitário.

Saber é poder construir modelos, combinar conceitos oriundos de disciplinas diferentes, enquanto as mídias continuam não transmitindo senão conhecimentos factuais e dispersos.

Saber é ser ator de sua própria formação, poder colocar-se num processo de formação permanente que não se limita à escola, mas sim onde as diversas mídias ocupam um lugar preponderante.

Tantos elementos que funcionam habitualmente nos aprendentes bem-sucedidos, e que são sistematicamente cultivados nos centros de formação para jovens executivos e engenheiros dinâmicos, por exemplo nos Estados Unidos. Assim sendo, será um engano tentar generalizá-los?

Essa é a real questão de atualidade para um ensino de qualidade. Tanto mais assim visto que os conhecimentos só serão mobilizáveis e remoldáveis para enfrentar as imposições de mudança do mundo atual com a condição, não de ser memorizados para um exame, também ultrapassado em sua forma, mas sim de serem funcionais, e isso... já na escola.

Ou seja, trataremos, neste livro, de aquisição do saber pois não se trata de um aspecto conjuntural. Não há hoje uma diminuição do nível, ao contrário do que o grande público costuma pensar⁵. Tampouco existem alunos menos esforçados. Esse problema estava apagado, enquanto o ensino ou a cultura científica estavam reservados para uma elite. Em contrapartida, é preciso rever os métodos já comprovados, pois as crianças, e até os adultos, mudaram consideravelmente. Será que a natureza e estrutura da cultura não sofreram mudanças ainda mais profundas? Sócrates (470-399 a.C.) não escrevia: “Os jovens de hoje gostam do luxo, são mal criados, desprezam a autoridade, não têm nenhum respeito para com seus maiores e tagarelam ao invés de trabalhar”? Ainda assim, ele não foi o primeiro a fustigar a juventude, como o testemunha esta inscrição: “A juventude de hoje está podre até as raízes, má, irreligiosa e preguiçosa. Jamais será como a juventude do passado e capaz de preservar a nossa civilização” (Tábua de argila babilônia, cuja idade é estimada em mais de 3 000 anos).

Da mesma maneira, ao analisar-se a história da pedagogia, percebe-se que o problema da transmissão do saber científico existe há muito tempo. Assim, este texto:

“As mentes mais autorizadas reconhecem-no hoje. Não há pior instrução (...) do que a nossa. Não só é inútil, como, ademais, prejudicial.

Existem, portanto, coisas a serem modificadas na instrução tal como ela é dada hoje. As instituições e os costumes mudaram, as ciências avançaram a passos de gigante, apenas a base do ensino (...) não mudou; tal como era há um século, tal o encontramos hoje. Chegou a hora, no entanto, de ensinar o

⁵ Ver mais particularmente D. GLASSMANN, *Le niveau baisse! Réflexion sur les usages sociaux de la fausse évidence*, [O nível está caindo! Reflexão sobre os usos sociais da evidência falsa], CRDP de Grenoble, 1984.

homem a viver no presente e não no passado, para que, após esses longos anos de estudos aos quais dedicou sua juventude, não se veja, ao enfrentar as realidades das coisas, reduzido a recomeçar uma nova educação que apagará dificilmente, uma após a outra, as ilusões adquiridas na primeira.”

Ao contrário do que se poderia pensar, essas linhas não foram escritas em 1968 por algum esquerdista idealista, mas pelo doutor Gustave Le Bon em 1874, isto é, mais de cem anos atrás. Até acrescenta, em outro texto: “seria melhor, pois, suprimir totalmente o ensino da história natural em nossos liceus. Os alunos não estarão nem mais nem menos instruídos do que hoje pois, seis meses após o exame, eles esqueceram todas as definições e classificações aprendidas, mas ao menos eles não terão aprendido o profundo horror de uma ciência que, entre todas, é talvez a mais atraente e a mais fácil de ensinar”⁶.

Esses escritos do Dr. Le Bon não são os únicos; encontramos nos últimos cem anos um leque de afirmações desse gênero, que levantam de maneira lancinante as mesmas perguntas e desenvolvem ocasionalmente acusações muito mais graves:

“É preciso acabar, de uma vez por todas, com essa instrução de catálogo que aflora tudo e não aprofunda nada, com essa educação enciclopédica que sobrecarrega a memória sem desenvolver a inteligência e que só deixa atrás de si um cansaço amídeo irreparável e um desgosto insuperável para com o trabalho intelectual. É preciso renunciar a fazer aprender tudo pelos alunos nos bancos do colégio e deixar-lhes algo para fazer quando saírem dele. É preciso, por conseguinte, aliviar os programas e diminuir o tempo das aulas e dos estudos.”⁷

Da mesma maneira, “o ensino das ciências naturais nos liceus e colégios não gera bons resultados; o fato é reconhecido, lastimado por todos e até oficialmente constatado nos relatórios dos decanos sobre o bacharelato.

Qual é a causa do mal? Com muita vontade é que se atacam os professores; são acusados de falta de simplicidade, de dar cursos por demais sobrecarregados, de colocar tratados por demais complicados nas mãos dos alunos; não se vê nada a questionar nos princípios de ensino: são portanto tidos por bons. Acusam-nos de aplicarmos mal um bom método: Eu respondo que o método é que não vale nada.”⁸

Bruckner chega até a analisar as causas desses disfuncionamentos: “Desde as primeiríssimas aulas, os alunos são, na maioria das vezes, desencorajados por todo esse verbalismo; praticam as ciências naturais sem prazer, unicamente para

⁶ G. LE BON, citado em BRUCKNER.

⁷ M.J. BROCHAND, Intervenção na Academia de Medicina, sessão de 21 de junho de 1881.

⁸ E. BRUCKER, *La classe dialoguée dans l'enseignement des sciences naturelles* [A aula dialogada no ensino das ciências naturais], Edição da revista do mês, Paris, 1907.

o exame. Porém, como um rótulo os marca bem mais do que uma idéia, são aprendidos em primeiro lugar todos esses termos inúteis.

Após um excessivo esforço de memória, acabam sabendo-os; aí, tendo trabalhado muito e retido tudo, acreditam ter feito o bastante; conhecendo a linguagem científica, acreditam saber a ciência”.

Muitos outros textos poderiam ser citados⁹, mas pararemos aqui. Todos eles mostram que a difusão do saber, tal como costuma ser feita, não resolve tudo, muito ao contrário. Invocar hoje os bons velhos métodos para apregoar uma renovação do ensino não desemboca portanto em nada, senão um pouco mais de demagogia. Esses métodos, aliás, levaram a escola até o atual impasse, pois nove entre dez dos professores ainda dedicam a maior parte de seu tempo à transmissão de um programa, na maioria das vezes, ultrapassado, utilizando-se dos métodos da pedagogia frontal.

M O que será que essas técnicas proporcionam realmente? Um certo número de pesquisas sérias confirma as afirmações de Le Bon e Bruckner: por terem memorizado uma quantidade de termos, os alunos acreditam “saber”; ademais, para a maioria da população, o resultado é um desgosto para com o aprender e uma debandada ante as exigências culturais. Isso, não porque as crianças perderam o sentido do esforço, mas sim porque a escola as coloca em situações que não deixam nenhum lugar ao prazer de saber. Tanto assim que elas não entendem, na maioria das vezes, quais os objetivos perseguidos e o que lhes é pedido, pois o professor preparou sua aula de acordo com sua lógica de adulto que “sabe”, sem preocupar-se nem com as perguntas nem com o que o aluno ao qual se dirige. Infelizmente, como os trabalhos atuais o demonstram, existe uma imensa defasagem entre o docente que desenvolve um conhecimento e a criança que segue outra lógica, que tem outras questões na mente e outro quadro de referência. Donde a existência de freqüentes quiproquós, aos quais voltaremos.

Nosso projeto, pois, é simples, a rigor evidente, ainda que se revele original no contexto da educação e cultura atuais. Consiste em tentar conhecer melhor os que aprendem, os alunos, mas também os leitores de um livro científico, os telespectadores de um programa de vulgarização ou os visitantes de uma exposição – designá-los-emos com o termo geral de “aprendentes” – e, paralelamente, procurar os parâmetros pertinentes que facilitem a aprendizagem. Isso não em referência a algumas filosofias ou ideologias, para tentar implementá-lo, mas sim olhando para “pessoas” que estejam aprendendo (ou que acreditem estar aprendendo), elaborando hipóteses a esse respeito e corroborando-as quando possível.

⁹ Por exemplo, um trabalho idêntico foi realizado, no que tange à língua materna, por F. TERS. Observa ele as mesmas dificuldades através das citações coletadas nos júris do bacharelato:

“Ignorância quase total da ortografia” (relatório de prova do bacharelato de 1862, Rennes)

“Incapacidade para expressar-se de maneira clara e coerente na língua materna” (Bacharelato de 1860, Estrasburgo).

“Os candidatos ignoram o título das principais obras e bibliografias de Montesquieu, Bossuet, Racine” (Bacharelato de 1864, Clermont-Ferrand).

Em suma, tentaremos simplesmente substituir a essa área da educação e cultura que se quer científica, mas onde tudo é apenas uma receita¹⁰ um costume e reprodução, um pouco do processo científico¹¹ que teve sucesso em outra parte.

Para tentarmos tornar este livro legível por diferentes públicos (ensinantes, divulgados, museólogos, jornalistas, formadores de divulgadores, formadores de formadores, etc., pesquisadores e até, por que não já que seus papéis evoluem, inspetores e tomadores de decisão), imaginamos três partes que podem ser lidas de maneira independente.

A primeira parte pretende fazer um balanço dos conhecimentos científicos adquiridos tanto durante uma escolaridade normal quanto após atividades científicas informais (mídias, museus). Este texto não tem por objeto o de esclarecer as múltiplas, mas antes o de abordar essas questões com a maior objetividade possível, levantar os problemas atuais da cultura e educação científicas e entrever algumas soluções plausíveis.

A segunda parte propõe uma ferramenta (entre outras) para tentar remediar essas dificuldades; trata-se de um instrumento para o qual temos contribuído para seu nascimento a partir do que se costuma chamar de “representações” (termo esse que substituímos por “concepções”). Privilegiemo-lo, neste texto, para “dar-lhe a volta”; visualizamos seu interesse e suas possibilidades nas escolhas educativas e culturais; em suma, tentaremos uma pequena síntese das pesquisas, numerosas hoje, a esse respeito.

A terceira parte é a mais original no atual debate sobre a didática das ciências: trata-se de um conjunto de proposições cujo fim é o de fazer evoluir as concepções dos aprendentes rumo aos conceitos científicos. Embora a coerência interna deste livro nos proíba uma apresentação particular e desenvolvida, definimos estratégias didáticas, tomando em conta essas representações num processo cultural ou educacional.

Evidentemente, nem tudo pode ser apresentado, dissecado, analisado nesta primeira abordagem que se quer, antes de tudo, mobilizadora; a ênfase é dada a um certo número de parâmetros pertinentes que não param de intervir nos processos de aprendizagem dos conhecimentos. Trata-se de fazer um primeiro inventário deles e classificá-los.

De fato, propomos diversas entradas e vários itinerários neste livro. Para as pessoas que se abrem à abordagem dessas questões, aconselhamos seguir a ordem linear e, a rigor, ler a Parte 3 antes da Parte 2.

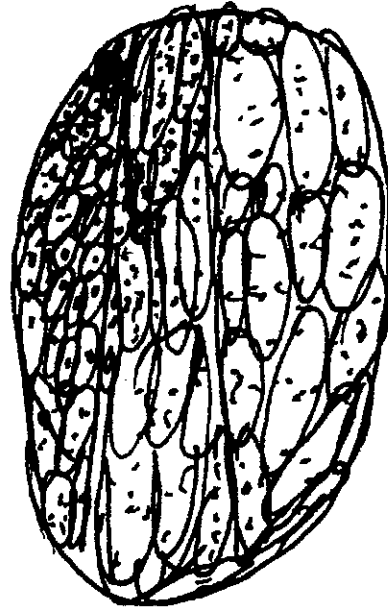
¹⁰ O ministro da Educação de um país europeu desejava, numa reunião, apresentar suas concepções pedagógicas (ou ao menos as suscetíveis de agradar para questões eleitoreiras). Tomou uma garrafa d’água e disse: “Eis o saber”; tomou um copo e disse: “Eis o aluno”. A seguir, despejou a água no copo, acrescentando: “Eis o papel do professor”. Levado por seu ardor retórico, despejou a água fora do copo!

Algumas reflexões sobre esse gesto infeliz é que gostaríamos de passar neste livro.

¹¹ Isso não exclui em absoluto a questão dos valores ligados a qualquer problema de educação. Esta também deve ser explicitada e levada em consideração como parâmetro.

Aos divulgadores que já possuem uma experiência na matéria, sugerimos que entrem diretamente na Parte 3 e voltem para trás, seguindo portanto os capítulos na ordem seguinte: 10, 9, 8, 7, 6 e 5, 4, 3, 2, 1.

Em contrapartida, para os pesquisadores aconselhamos pular a Parte 1 e ler, sem interrupção, as Partes 2 e 3; os capítulos 4 e 5 podem eventualmente ser lidos no fim.



Primeira concepção das vitaminas. Severine, 5 anos.
Trata-se, na verdade, da parte interna de uma laranja; cada filamento de reserva foi percebido como sendo uma vitamina!

Parte 1

ESTADO DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS ADQUIRIDOS

O SABER CIENTÍFICO É MAL PROPOSTO

1. A educação científica em xeque

Nosso entorno atual corresponde a um mundo novo, quando comparado com o do século XIX ou até com o dos anos 50. Apresenta-se como original, transformado pela revolução científica que penetra até em nossa intimidade: telefone, televisão colorida, lava-louça, avião, computador, antibióticos, pílula anticoncepcional, é claro, mas também transplantes de órgãos, nectarinas, ampolas de sódio. Tantos elementos desconhecidos ou pouco difundidos trinta anos atrás e que talvez não existiam há um século.

Essa evolução tem sido progressiva, quase sem que dela nos apercebêssemos, exceto, talvez, por ocasião de algumas catástrofes industriais, cujos nomes são: Torrey Canyon, Seveso, Three Miles Island, Bophal, Chernobyl. Mas o fato existe: estamos vivendo num universo hipercientífico e hipertecnificado.

Longe de estagnar, essa evolução vai acelerando-se com a crise. Estamos até presenciando, desde o início dos anos 80, ao nível de pesquisa, uma verdadeira explosão do saber científico com, mais de dois milhões de comunicações oficiais por ano. Estas só constituem, entretanto, a parte visível do *iceberg*, por serem tão numerosos os trabalhos não-publicados, destinados à indústria e às forças armadas.

A ciência, pois, faz parte de nossa vida diária. Encontra normalmente seu lugar no ensino obrigatório, proporcionado isso aos alunos, desde a primeira idade e na totalidade dos países. As mídias, por sua vez, contribuem amplamente para difundir conhecimentos nessa área. Evidentemente, o número de reportagens científicas não é enorme, contudo não existe nenhum boletim informativo, nenhum jornal, nenhuma revista feminina ou infantil que não se aproprie da última descoberta científica para torná-la conhecida e explicitá-la... Ao menos, faz-se a tentativa.

É verdade que o Espaço e a Medicina têm, tradicionalmente, um sucesso maior, mas a menor descoberta é divulgada para ser difundida para um grande público. Hoje, com a chegada do computador e da telemática no mercado, este vai crescendo.

Ora, no momento em que entramos no terceiro milênio, com um número cada vez maior de pesquisadores e pesquisas de maior performance, com um ensino científico obrigatório para todos e, naturalmente, com o desenvolvimento dos meios de

comunicação de massa e outros meios audiovisuais ou telemáticos, estamos verificando que o saber científico passa mal.

Uma série de pesquisas empreendidas por nós e corroboradas hoje por outros trabalhos realizados na Europa e nos Estados Unidos evidencia que o modo de pensamento vigente, na maioria dos adultos, ainda é do tipo pré-científico.

Entre os alunos com 14 anos de idade:

- 80% acreditam na geração espontânea dos micróbios.
- Quase 100% acham que o frio e o calor são substâncias, na maioria das vezes, diferentes.

- 90% consideram normal a não-conservação da matéria¹ ou das espécies, sem que se trate, é claro, de uma genial intuição comparável à de Einstein, quando este desenvolveu sua teoria da equivalência entre a energia e a matéria, ou à de Darwin, quando lançou a idéia da evolução das espécies. Para esses alunos, por exemplo, "o chumbo pode transformar-se habitualmente em mercúrio" e "a luz, em matéria" por simples "transmutação".

Na França, mais de doze milhões de pessoas acreditam na existência dos Marcianos².

O próprio espírito científico tampouco parece estar presente. Uma pesquisa de um instituto de pesquisas indica que um francês, entre dois, pensa que a astrologia é uma ciência, 23% deles acreditam no horóscopo³, 18%, nos sortilégios ou na bruxaria. É verdade que o faturamento da vidência, na França, é calculada em 5-6 bilhões de francos para 8-10 milhões de consultantes e 50 000 adivinhos recenseados pelo fisco em 1984⁴.

Calculam-se em Paris, ao que parece, mais de 2 000 bruxos (veja a nota 4). Um programa de televisão sobre o exorcismo provocou a chegada de 500 cartas endereçadas, em um mês, ao Arcebispo de Paris para remediar com urgência deslocamentos de móveis ou casos de possessão pelo demônio⁵.

¹ Pesquisa de Nicolas DOMENACH publicada no *Quotidien de Paris* - 30.1.76.

² Pesquisa de Jacques LESINGES publicada no *Le Figaro* - 6.10.80.

³ _ mas 60% dos franceses (entre os quais 70% das mulheres e 50% dos homens) consultam regularmente o seu horóscopo em seu jornal!

⁴ Pesquisa de Josette ALIA publicada na revista *le Nouvel Observateur* - 22.2.85. O autor dessa reportagem compara, para a França, o número de videntes (50 000) ao dos médicos (49 000), dos padres (38 000) e dos psicanalistas (4 200).

⁵ Pesquisa de Catherine DELSOL publicada no *Le Figaro* - 12.3.81.

Pergunta 1⁶: Seguem agora algumas perguntas a respeito dos fenômenos chamados de parapsicológicos ou paranormais. Citarei primeiro um certo número de fenômenos que pertencem a esse universo. Para cada um deles, o Sr. (a Sra.) me dirá se, pessoalmente, pertence antes ao grupo de pessoas que acreditam nele ou ao grupo de quem não acredita.

	acredita nisso			será explicado algum dia		
	não acredita nisso	não conhece sem opinião	será explicado algum dia	segurará inexplicado	sem opinião	
Sortilégios, bruxarias	18	77	5	50	39	11
Catimbau	13	81	6	54	34	12
Horóscopos, predições pelos signos astrológicos	23	73	5	66	18	16
Telepatia: comunicação a distância pelo pensamento	42	50	9	74	17	10
OVNI (objeto voador não-identificado)	33	57	11	89	4	7
Explicação do caráter pelos signos astrológicos	36	56	8	72	17	11
Fantasmas, almas de outro mundo ou (aparições de almas)	5	92	3	44	43	15
Descobertas de fontes d'água com uma vara	63	30	7	74	12	14

(A pergunta seguinte é dirigida unicamente às pessoas que declaram "acreditar" em um dos fenômenos.)

Pergunta 2: Nenhum desses fenômenos tem até hoje uma explicação científica. Citarei novamente os fenômenos nos quais o Sr. (a Sra.) acredita e me dirá, para cada um deles, se acha que no futuro serão explicados ou não pela ciência.

A astrologia (estudo da influência dos astros sobre o destino dos homens)	é uma ciência	não é uma ciência	depende do caso	sem opinião
		53	30	8

Pergunta 3: Pessoalmente, já lhe aconteceu consultar um astrólogo, uma cartomante, uma vidente, ou qualquer outra pessoa que preveja o futuro?

- com muita frequência	1	- nunca	85
- com uma certa frequência	1	- sem opinião	2
- raramente	11		

Pergunta 4: Leva em conta o seu horóscopo em sua vida?

- sempre	2	- não lê nem ouve	
- frequentemente	6	- nunca os	
- raramente	18	horóscopos	13
- nunca	60	- sem opinião	1

⁶ Esse quadro transcreve os resultados às perguntas feitas aos sujeitos sobre as paraciências, durante a pesquisa SOFRES de maio de 1982 sobre as atitudes do público para com a ciência.

Quanto aos 50 000 curandeiros⁷, seu faturamento alcança provavelmente os 5 bilhões de francos⁸, para cerca de 4 milhões de franceses que declaram consultá-los⁹ com uma certa regularidade. Por fim, é preciso saber que a contratação de um executivo realiza-se cada vez mais após a análise (clandestina e ilegal) de seu mapa astral.

Assim, longe de diminuir, cresce, cada vez mais, a defasagem entre uma minoria detentora do saber... ou, ao menos, algumas parcelas do saber científico, e a imensa maioria dos cidadãos. O que não deixa de ter conseqüências culturais e sociais num mundo no qual a maioria dos grandes problemas de gestão têm uma base científica: a energia, a demografia, o átomo e, evidentemente, o desemprego.

Essas estimativas obrigam-nos a levantar um certo número de perguntas sobre a difusão e aquisição do saber. Assim sendo, tentamos objetivar melhor os resultados da educação atual para o conjunto da sociedade. Empreendemos uma série de estudos sobre a educação, através de um conjunto de pesquisas e entrevistas¹⁰. Ademais, recenseamos também um certo número de estudos semelhantes realizados em diversos países industrializados. A cada vez, consideramos as populações que haviam seguido uma escolaridade completa e normal; como os resultados obtidos já eram suficientemente eloqüentes, deixam-nos prever o pior nas populações menos favorecidas. Por fim, foram levados em conta apenas os conhecimentos que apresentam uma importância cultural ou um interesse prático¹¹.

A finalidade desse trabalho não é, entretanto, a de instruir o público elaborando-se um "besteirol"¹² para denunciar as carências de uma situação institucional (os mesmos problemas foram levantados anteriormente e parecem existir nos diversos sistemas educacionais), o interesse global reside no olhar atento que pusemos sobre essas lacunas para verificar sua generalidade, procurar suas origens e tentar propor algumas ferramentas que pudessem permitir uma melhor apropriação do saber científico.

Limitar-nos-emos, neste texto, em considerar unicamente as avaliações referentes ao aspecto transmissão dos saberes, pois esses últimos ocupam um lugar preponderante na atual educação e constituem talvez a principal justificativa dada pela escola ou esperada pelos pais. Ademais, muitas declarações de intenções parecem atualmente promover esse aspecto.

O que mostram estes trabalhos? Evidenciam um conjunto de constatações convergentes que poderíamos esquematizar da seguinte maneira: apesar de um certo número de esforços de renovação, a atual educação científica continua apresentando graves lacunas.

⁷ Comunicação do Ministério do Interior - 1984.

⁸ Comunicação do Ministério do Orçamento - 1984.

⁹ Documentação F. GRUIER - 1983.

¹⁰ Realizadas de maneira somativa (no fim da escolaridade) ou de maneira formativa (durante sessões de aprendizado na escola e fora desta).

¹¹ Nossas avaliações sempre abraçaram não pontos particulares, mas ora grandes conceitos científicos (célula, ADN, energia), ora áreas suscetíveis de um interesse imediato na vida diária (doenças, ciclo da mulher, períodos de fertilidade, economias de energia).

¹² Compêndio de erros crassos e divertidos.

Com efeito, as pesquisas, em diversos países da Europa, têm revelado que, atualmente, a maior parte do saber científico, ensinado durante a escolaridade, é esquecida após alguns anos, alguma semanas até... se é que, às vezes, foi adquirido. Os conhecimentos são dificilmente transmissíveis, tanto de uma maneira individual quanto no plano social. Sua transferência, de um nível de ensino ao outro, tampouco parece fácil; ouve-se frequentemente professores do ensino superior queixarem-se e dizer "a culpa é do secundário", e os que ensinam no secundário repetir em uníssono: "a culpa é do primário". O ensino não cumpre um papel integrador, em particular perante o fluxo de informações oriundo das mídias. Por fim, é difícil reinvestir o saber, na vida diária ou na vida profissional, para explicar um fenômeno ou orientar uma decisão. Talvez não seja o tipo de formulação "útil" para resolver problemas de genética e para criar animais, para fazer física do sólido ou construir uma ponte¹³. Esses diferentes aspectos é que desenvolveremos, ilustrando-os com exemplos significativos.

2. O saber é rapidamente esquecido

Para desenvolver esse ponto, não nos apoiamos na possível integração de conhecimentos pontuais ou enciclopédicos, mas escolhemos sobretudo exemplos que levam em consideração certas noções básicas.

Descreveremos alguns elementos relativos à idéia de digestão antes de apresentar os resultados de testes realizados com estudantes de cursos científicos.

2.1. A digestão

Infelizmente ainda não foi possível acompanhar uma população de alunos numa escolaridade completa. Procuramos, no entanto, estudar a evolução das idéias referentes a um mesmo assunto, a partir de um tipo comparável de população. Esse trabalho foi realizado sobre vários conceitos, com resultados idênticos. A título de exemplo, somente serão apresentados aqui os resultados referentes a um deles: a digestão. Esse assunto foi escolhido por ser muito clássico: talvez seja (com o esqueleto) o mais comumente tratado no atual ensino europeu. A avaliação foi realizada com indivíduos que nunca haviam estudado o assunto, ou que o haviam estudado uma ou mais vezes durante sua escolaridade. Como ponto de partida, foi-lhes feita a mesma pergunta:

¹³ Sem esquecer de ressaltar que esses conhecimentos são divididos de maneira muito desigual entre a população e que, às vezes, o saber legítimo, imposto, gera fenômenos de desapossamento dos saberes veiculados pela tradição.

“Tu estás comendo. Através de um desenho, tenta explicar aonde vão e o que se tornam uma maçã e um suco de laranja após entrarem em teu corpo”¹⁴.

Observemos primeiro o quadro a seguir que reporta esquematicamente as diferentes soluções propostas por crianças com 9-10 anos, que jamais haviam seguido cursos ligados ao assunto. A seguir, voltaremos mais detalhadamente à análise do conjunto das dificuldades observadas.

ver legenda à página seguinte
% de alunos

I	2%	II	8%	III	7%	IV	9%
					variante		variante
V	24%	VI	11%	VII	6%	VIII	14%
							variantes
outra variante: o orifício/nádega							
IX	7%	X	4%	XI	2%	XII	6%

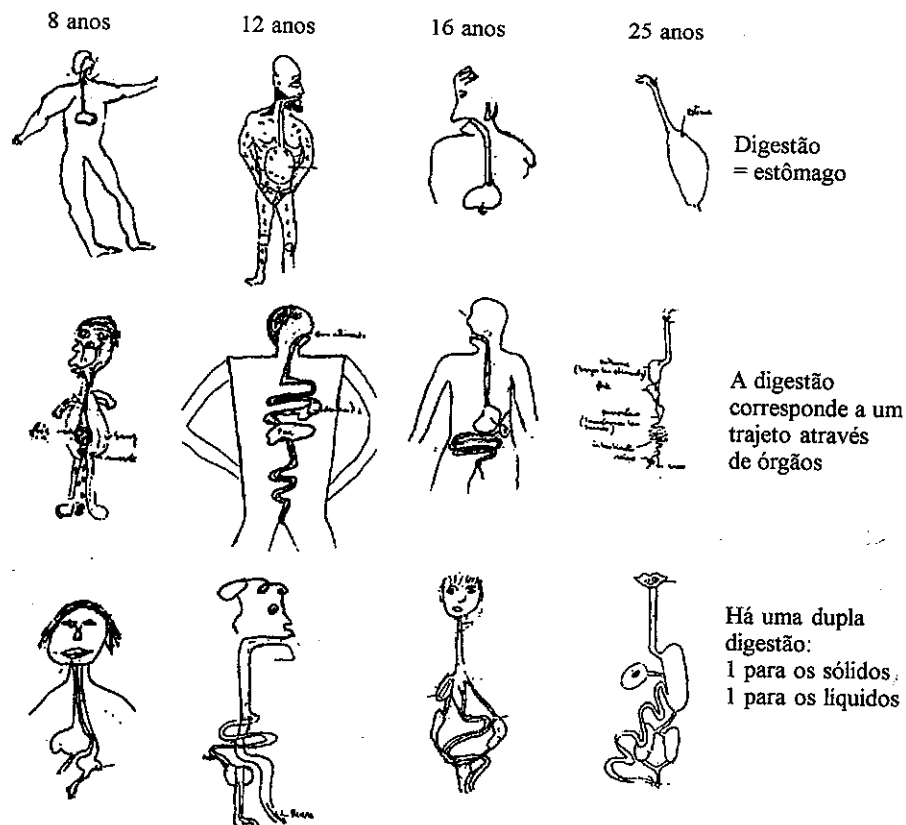
¹⁴ Pesquisas efetuadas:

- na terceira série do 1º Grau (78 alunos, 9-10 anos), obs. G. DE VECCHI
- na primeira série do primeiro ciclo do 2º Grau (142 alunos (11-12 anos), obs. N. CHOMILIER, A. GIORDAN)
- no fim do primeiro ciclo do 2º Grau (70 alunos, 14-15 anos), liceu F. VILLON, liceu CARNOT-Paris, obs. M. RONCIN, A. GIORDAN.
- durante o segundo ciclo do 2º Grau (152 alunos, 16-18 anos), liceu F. VILLON, liceu CARNOT-Paris, obs. M. RONCIN, A. GIORDAN.
- junto a adultos com formação universitária em física e matemática, obs. A. GIORDAN, e junto a adultos professores do 1º Grau em formação, obs. G. DE VECCHI. Entrevistas complementares foram realizadas com um certo número de aprendentes.

LEGENDA DO QUADRO	DIFERENTES CONCEPÇÕES
I. Órgãos sem relação morfológica entre si	sem continuidade, sem noção de aparelho
II. Um tubo desembocando numa bolsa; uma entrada, nenhuma saída	nenhuma preocupação com o que possa acontecer aos alimentos
III. Um tubo e várias bolsas; uma entrada, sem saídas	começo de idéia de especialização?
IV. Um tubo; uma entrada, uma saída	visão simplista: os alimentos apenas atravessam o corpo
V. Um tubo com uma bolsa; 2 orifícios	pode haver outra coisa do que um trânsito
VI. Um tubo com duas bolsas; 2 orifícios	especialização maior?
VII. Um tubo com uma bolsa + um tubo especial para os líquidos; 3 orifícios	aparência de uma separação precoce entre alimentos sólidos e líquidos, encontrada também nos casos que seguem
VIII. Um tubo com uma ou mais bolsas; 1 entrada, 2 saídas (líquidos e sólidos)	
IX. Um tubo; uma entrada, 2 saídas, sendo uma com uma bolsa de acumulação	idéia de estocagem da urina
X. Um tubo; uma entrada e 2 saídas, cada uma destas com uma bolsa de acumulação	trânsito + estocagem por 2 vias diferentes
XI. Um tubo com uma bolsa; uma entrada e 2 saídas, cada uma destas com uma bolsa de acumulação	trânsito + triagem + estocagem
XII. Sistema em rede mais ou menos complexa: um tubo, uma bolsa geral; uma entrada e 2 saídas; bolsas suplementares conectadas entre si	idéia de complexidade materializada por uma rede sem saber qual é seu funcionamento

Nota: esses esquemas não são classificados de acordo com uma progressão precisa ou uma exatidão crescente.

Podemos observar desde já muitos erros relativos à localização e sucessão dos órgãos, bem como a existência muito frequente de um duplo trajeto para os alimentos sólidos e para os líquidos. Isso parece lógico, pois nenhum estudo prévio havia sido feito. Investigações efetuadas junto a aprendentes de mais idade, porém, indicam a persistência do mesmo tipo de incompreensão, como mostram os esquemas a seguir, obtidos junto a alunos com 15-17 anos e adultos preparando-se para docência.



Na verdade, não há uma grande diferença entre as concepções de crianças que nunca estudaram o aparelho digestivo e as de sujeitos de mais idade que o abordaram uma, duas, três e até quatro vezes, no marco do ensino recebido. Mudam apenas a “embalagem”, a apresentação; salvo algumas exceções, as idéias básicas permanecem as mesmas.

Como explicar essa permanência? Isso merece um maior aprofundamento. Novamente, os desenhos escolhidos estão longe de ser os mais aberrantes entre os que foram compilados.

2.2. O saber químico

Um certo número de avaliações somativas foi efetuado em diversos países em física, química e biologia¹⁵. Todas elas convergem para declarar que o saber memorizado é pouco elaborado.

¹⁵ Ver mais particularmente: Jacques DESAUTELS, *Ecole + Sciences = Echec* [Escola + Ciência = Fracasso]. Ed. Québec Science, 1980.

De maneira geral, porém, admite-se implicitamente que o sucesso no exame final (bacharelato ou outro) certifica que o estudante apresenta um conjunto de garantias, tanto ao nível dos conhecimentos quanto no plano das competências e aptidões. Ora, quando se ensina na Universidade, constata-se empiricamente que os conhecimentos adquiridos, geralmente atribuídos aos titulares do bacharelato, estão muito acima de seu nível real, no que tange à Química, Biologia ou Física.

Uma crescente insatisfação a esse respeito levou vários professores de química¹⁶ a efetuarem medições mais precisas, através de um questionário cuja elaboração foi o resultado de um trabalho de equipe de vários anos. As questões feitas correspondem a elementos básicos que os estudantes deveriam conhecer. O quadro dos resultados indica, para cada pergunta, o percentual de respostas corretas, de respostas erradas e de não-respostas. Conforme as perguntas, existe uma grande diversidade no número de respostas válidas, as quais variam entre 14 e 82%. Para 7 perguntas, o sucesso é de 30%; para 13 perguntas, oscila entre 30 e 50%; para 15 perguntas, ultrapassa os 50%.

Quadro
Química no ingresso na Universidade 1976-1977
Resultados para 1 887 estudantes

Pergunta	Resp. 1* %	Resp. 2* %	Resp. 9* %	Pergunta	Resp. 1* %	Resp. 2* %	Resp. 9* %
1.1	55,9	42,9	1,1	16.a	70,9	22,7	6,3
2.1	49,1	48,1	2,7	16.b	62,0	30,4	7,5
3.1	34,9	23,9	41,1	17.c	18,7	30,2	51,0
4.a	46,4	28,8	24,7	18.1	36,9	22,4	40,5
4.b	39,4	29,8	30,6	19.1	48,2	33,9	17,7
5.1	52,4	19,1	28,4	20.1	47,2	16,0	36,1
6.1	37,4	36,8	25,7	21.1	32,9	13,7	53,2
7.1	60,9	20,7	18,2	22.1	13,8	25,1	60,9
8.1	27,8	64,0	8,1	23.1	31,1	27,8	41,0
9.1	70,5	11,0	18,3	24.1	25,7	24,6	49,5
10.a	61,2	35,7	3,0	25.1	24,4	22,8	52,6
10.b	24,5	60,0	15,3	26.1	69,4	18,1	12,3
11.1	54,0	22,3	23,6	27.1	57,1	33,1	9,6
12.1	67,4	7,6	24,9	28.1	41,5	28,9	29,5
13.1	81,7	10,0	8,2	29.a	35,1	52,1	12,7
14.1	51,7	22,7	25,4	29.b	29,3	57,7	12,9
15.a	80,5	13,9	5,5	29.c	52,1	33,3	14,5
15.b	34,1	37,4	28,4				

* Resp. 1: correta. Resp. 2: errada. Resp. 9: sem resposta.

¹⁶ M. CHASTERITE, *Quel est le niveau des bacheliers en chimie?* [Qual o nível dos bacharéis em química], *Actualité chimique*, Paris, março de 1978.

A média geral das notas obtidas (28,8 sobre 48, isto é, 4,3 sobre 10) é bastante baixa¹⁷.

Os problemas mais delicados são os que concernem, respectivamente, à planura=planaridade* das moléculas em química orgânica, à composição química do ar, à normalidade das soluções ácidas, ao cálculo dos graus de oxidação e ao conhecimento dos íons metálicos.

Podia esperar-se que certas noções (normalidade, mole mol) fossem mal entendidas e que as fórmulas dos íons não tivessem sido corretamente retidas. Outros resultados, em contrapartida, surpreendem mais. Assim, a pergunta relativa à composição do ar mostrou que cerca de 40% dos estudantes não conheciam seus dois principais gases. Alguns indicavam hidrogênio e dióxido de carbono, muitos esqueciam o oxigênio. Ademais, apenas 25% dos estudantes foram capazes de dar os percentuais aproximativos desses diferentes gases.

Outro estudo, o único que tínhamos, no plano quantitativo¹⁸, em biologia, foi ainda mais revelador, pois concerne, essa vez, a estudantes no fim do primeiro ciclo universitário, ou seja, que seguiram dois anos de especialização nessa mesma disciplina.

A interrogação estava dividida em nove partes, cada uma delas correspondendo a um aspecto da Biologia: taxonomia, neurologia, endocrinologia, fotossíntese, etc. Cada item continha um conjunto de perguntas; como anteriormente, não se tratava de testar os elementos memorizados, mas sim de medir a construção das idéias básicas apresentadas nas aulas. Os resultados foram os seguintes:

Sucesso em <i>n</i> partes	%	% acumulado
<i>n</i> = 9	3,3	3,3
8	6,6	9,9
7	17,5	27,4
6	10,9	38,3
5	8,8	47,1
4	17,5	64,6
3	13,2	77,8
2	12,0	89,8
1	3,3	93,1
0	6,6	100

¹⁷ A nota obtida é sobre 48 pontos, pois algumas das 35 perguntas receberam uma ponderação mais importante do que as outras.

* N. do R.T. – Planura – termo que induz o aprendente a pensar que a molécula é “achatada e fina” como se fosse uma folha de caderno.

Planaridade – termo que induz o aluno a conceber que uma molécula é bidimensional e não tridimensional.

¹⁸ Paloma GARCIA BARQUERO, Juana NIEDA OTERINO e Inigo AGUIRRE DE CARCER, Conocimientos de biología al terminar el curso de orientación universitaria, *Actes des Journées sur l'Enseignement de la Biologie*, Universidade de Valência – 1984.

Observa-se que cerca de 27% dos estudantes alcançaram o nível de 7 critérios tido por adequado pelos professores. Em contrapartida, 10% dos sujeitos tiveram sucesso, no máximo, em um item, e 35% não ultrapassaram 3 itens (num total de 9).

3. Nem sempre o saber é transmissível

Os dados acima já nos fizeram tomar consciência da existência de muitas lacunas; outros conhecimentos, no entanto, parecem adquiridos, apesar de tudo. Ainda assim, certos discursos, proferidos sobre assuntos científicos, não deixam de apresentar problemas. Qual é o saber que podemos transmitir? Por outro lado, será que alguns fatos, considerados como evidentes há vários séculos, passaram realmente para a cultura popular?

3.1. O ADN

O ADN, ou ácido desoxirribonucléico, faz parte das grandes descobertas da ciência contemporânea. Seu conhecimento foi imediatamente popularizado. É verdade que a estrutura dessa molécula proporcionava ao mesmo tempo imagens espetaculares e permitia explicações surpreendentes ligadas aos mecanismos do código genético, tão apreciado pelas mídias; servia ao mesmo tempo de “cavalo de batalha” para uma nova disciplina: a biologia molecular. Também foi retomada pelo ensino, que a introduziu muito rapidamente nos programas da última série do 2º Grau. Por todas essas razões, uma avaliação sobre o ADN¹⁹ pode permitir-nos ter uma idéia sobre o saber aprendido na escola e sobre a possibilidade de transmiti-lo nas condições atuais²⁰.

No conjunto dos questionários, são raríssimas as não-respostas (menos de 10%). Ou seja, a maioria dos estudantes têm algo a dizer: 15% indicam o nome do ADN, 50% acrescentam seu papel ou sua localização, os outros fornecem um terceiro elemento e insistem mais particularmente sobre sua importância. O nome (ácido desoxirribonucléico) é corretamente dado por 40% deles; os outros propõem essencialmente um termo aproximativo ou que, ao menos, possui uma consonância semelhante (“ácido riboácido dito ribonucléico”, “amina desoxirribomecânica”!).

¹⁹ Perguntas formuladas: Já ouviu falar do ADN? Nesse caso, em que oportunidade? O que é que essa palavra evoca para o Sr.? Onde está localizado? Qual sua estrutura ou sua composição? Qual é seu papel? Pesquisa efetuada na Universidade Paris V – 240 estudantes (1978-79-80).

²⁰ A esse respeito, escolhemos um público significativo, não-científico, mas sim composto por estudantes do curso de graduação Ciências da Educação, isto é, pessoas com o 2º Grau completo, quer na área científica (séries matemática-biologia-física), quer na área literária; ademais, na maioria dos casos, haviam realizado estudos complementares em um estabelecimento de formação para o 1º Grau, ou numa Faculdade de Ciências Humanas.

O fato de que essa molécula seja fundamental manifesta-se através de qualificativos do tipo "componente importante", "elemento básico", "molécula básica", "célula básica", isto é, os estudantes insistem sobre essa idéia utilizando com frequência uma palavra de forte conotação científica, mas que mostra a existência de uma real confusão entre, por exemplo, os termos átomo, molécula e célula²¹. Um terço dos estudantes observa que essa macromolécula tem uma relação com a hereditariedade, um entre dez fala em "suporte do código genético". Ainda assim, para estes últimos, ao tentar-se apreender com mais detalhes seus conhecimentos, novas surpresas estão à nossa espera. Às vezes, sua visão do ADN resume-se assim: ele contém "células vivas constituídas por aminoácidos que permitem o intercâmbio entre as células", ou também é "uma molécula básica que serve de suporte às enzimas".

Pode-se, portanto, considerar dois casos: ora o estudante entendeu, mas a transmissão de seu saber é vista através de um quadro referencial simplista, o que não reflete mais a mensagem que se quis ensinar-lhe (exemplo: "órgãos em miniatura") e torna seus conhecimentos inoperantes; ora contentou-se em construir, a partir de palavras que ouviu²², uma explicação um tanto incoerente, e essa explicação manteve-se em sua memória, pois nunca teve a oportunidade de testá-la, ou seja, de avaliar sua eficácia.

O mais significativo, porém, é talvez essa impressão de saber que o estudante tem e que é criada pela fato de que ele utiliza uma terminologia que carrega consigo uma imagem de seriedade²³. Ademais, ele pode ligar essas palavras com outras. Donde o desinteresse que sente para tentar saber mais, ao menos enquanto não se vir confrontado com problemas que impliquem, para sua resolução, o domínio desses conhecimentos. Estamos portanto em presença de um "pseudo-saber" que não pode, em hipótese alguma, ser utilizável.

²¹ Outra pesquisa mostra que muitos estudantes não-científicos integram, por exemplo, moléculas ou células ao átomo.

²² Todos os termos utilizados estão em relação com os mecanismos que regem o funcionamento do ADN, mas a explicação não tem, evidentemente, nenhum sentido, pois essas palavras são utilizadas no lugar de outras.

²³ A propaganda utiliza também as palavras com conotações de eficácia ("sabão em pó com proteínas, com enzimas", "suco de fruta enlatado vitaminado") - o que a levou às vezes a cair em certas armadilhas, como foi o caso para a "pasta dental com hexaclorofeno".

"ADN se trouve dans le sang".
O nome "ADN" de 1953

- L'ADN est une enzyme

- Transmet de l'information d'un type de cellule à un autre type de cellule.

- Participe aux liaisons chimiques qui se produisent dans l'organisme

- Au début était l'ADN... une étincelle, un orage magnétique, quelque chose qui permit à l'ADN d'engendrer la cellule vivante.

- c'est une cellule qui transmet l'herédité des caractères héréditaires:

- c'est lui qui contient les renseignements

- l'ADN permet de transmettre des codes, de fait le lien entre les cellules par les impulsions électriques



- porte l'héritage génétique sous forme de combinaisons codées de lipides glucides et protéides. (chaîne carbonée)

- L'ADN ralentit le vieillissement.

- O ADN está no sangue - Encontra-se o ADN no sangue

- O ADN é uma "enzima"

- Transmite informações de um tipo de célula para outro tipo de célula

- Participa das ligações químicas que ocorrem no organismo

- No começo estava o ADN... uma faísca, uma tormenta magnética, algo que permitiu ao ADN gerar a célula viva

- É uma célula que transmite os caracteres hereditários

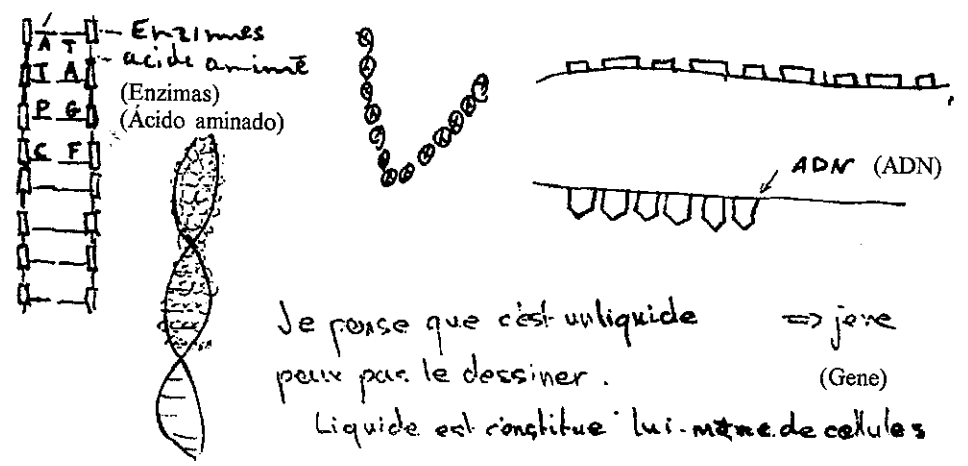
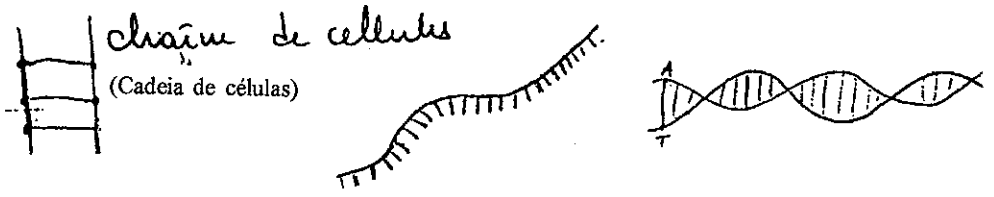
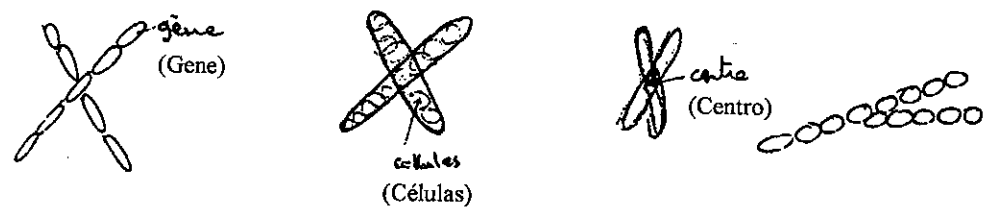
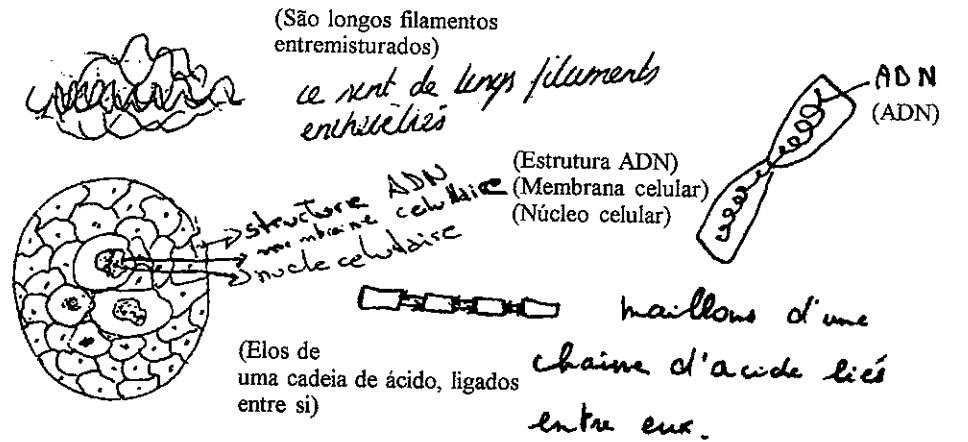
- Ele é que contém as informações

- O ADN permite transmitir ordens, faz a ligação entre as células através de impulsos elétricos

[Desenho]: célula - ADN - célula

- carrega a herança genética sob forma de combinações codificadas de lipídios, glicídios e protéidos (cadeia ramificada)

- O ADN freia o envelhecimento



Je pense que c'est un liquide
peut par le dessiner. ⇒ j'ave
(Gene)
Liquide est constitué lui-même de cellules

(Eu acho que é um líquido;
não posso desenhá-lo.
O próprio líquido é constituído de células)

3.2. A situação da Terra em relação ao Sol: da teoria geocêntrica a uma visão heliocêntrica

Na mesma ordem de idéias, parece interessante analisar qual a penetração de um conhecimento básico nas estruturas mentais de um povo de altíssima tecnologia, no limiar do século XXI. Um estudo envolveu a integração das idéias de Copérnico; não se tratou de saber o que se sabia sobre o próprio Copérnico, mas sim de verificar se a visão do mundo que ele suscitara reinava efetivamente entre nossos contemporâneos. Pediu-se, portanto, a franceses que dissessem se, em sua opinião, a frase "o Sol gira em torno da Terra" era verdadeira ou falsa; mal dá para acreditar nos resultados²⁴:

O Sol gira em torno da Terra:

Totalmente correto	30,5%
Provavelmente correto	7,9%
Provavelmente errado	4,2%
Totalmente errado	53,1%
Não sabe	4,4%

Ou seja, a escola não é a única culpada. As mídias não têm um desempenho melhor na matéria, pois, têm proposto, estes últimos anos, numerosas prestações referentes ao Espaço e à Astronomia. Com base no percentual das respostas, pode-se estimar que mais de quatorze milhões de adultos consideram verdadeira essa afirmação.

Um fato deve ser ressaltado: para a maioria das pessoas entrevistadas, a solução é evidente; são raras as que não respondem; por outro lado, as respostas concentram-se nas posições extremadas ("totalmente correto" ou "totalmente errado"). Antes de tirar conclusões, é claro, poder-se-ia pensar que esses erros correspondem essencialmente a uma desatenção frente a uma pergunta, cuja resposta parece evidente. Talvez não seja esse o caso, como o atesta a análise do perfil das pessoas para as quais o Sol gira em torno da Terra²⁴.

²⁴ J.N. KAPTERER, B. DUBOIS, *Echec à la science* [A ciência em xeque], NER, Paris, 1981.

O Sol gira em torno da Terra

(Quem acredita nessa declaração?)

<i>Sexo</i>	%	<i>Profissão do chefe de família</i>	%
Homem	33,7*	Profissional liberal, executivo sênior	20,9
Mulher	42,7	Pequeno empresário, comerciante, artesão	30,3
		Empregado, executivo júnior	28,6
		Operário	48,4
<i>Idade</i>		Inativo	43,4
15-19 anos	33,3	Agricultor	26,0
20-24 anos	36,3		
25-34 anos	36,6		
35-49 anos	38,5	<i>Frequência à Igreja</i>	
50-64 anos	38,9	Todos os domingos	37,0
65 anos e +	42,8	Às vezes	43,3
		Nunca	37,8
		Não-católico	30,2
<i>Nível de Formação</i>			
1º Grau	53,3		
1º Grau Sup.	40,8		
Técnico/Comercial	31,8		
2º Grau	36,5		
Superior	15,7		
<i>Tipo de formação superior ou secundária</i>			
Literária	30,7		
Técnica	37,3		
Científica	14,2		

*: ler: entre 100 homens, 33,7 declaram que a proposição é "totalmente correta" ou "provavelmente errada".

Assim, o saber transmite-se dificilmente, não só quando emana da base, mas também quando tem uma boa base social.

É interessante, apesar de tudo, observar que os resultados que nós mesmos obtivemos na escola elementar não são em nada comparáveis (Pesquisa G. De Vecchi, 76 crianças com 9-11 anos de idade). Com efeito, quase 80% dos alunos afirmam que a Terra é que gira em torno do Sol. Seria que os sujeitos jovens têm um melhor conhecimento desses assuntos, graça ao interesse despertado neles para tudo quanto se refere ao espaço? É possível, mas isso merece ser explicitado. Com efeito, se muitos respondem corretamente à pergunta feita, uma discussão mais aprofundada mostra que, com muita frequência, eles ainda raciocinam como se o Sol girasse em torno da Terra. Ou seja, eles possuem um conhecimento, mas não o utilizam. Isso nos leva a considerar outro aspecto²⁵.

²⁵ Welch, Klopfer, Aikenhead e Robinson realizam uma análise comparável a respeito da aquisição do processo científico nos Estados Unidos. Veja W. WELCH, L. KLOPFER, G. AIKENHEAD, J. ROBINSON, *The Role of Inquiry in Science Education - Analysis and recommendations*, Science Education, 65 (1) 1981, 33-50.

4. O saber não garante um papel integrador e não é reinvestível

O tipo de avaliação que empreendemos pode trazer-nos mais ensinamentos. Observa-se que às vezes, porque o professor ou o divulgador foi interessante ou porque exigiu-se uma aprendizagem "de cor", os aprendentes retêm certos elementos; às vezes, são capazes de memorizar um conjunto de informações. Infelizmente, ao analisarmos de mais perto essas aquisições, toma-se consciência de que, na verdade, os alunos integraram apenas palavras, fórmulas "ocas", isto é, não tiraram o sentido; o resultado é que esse saber não é nem operatório, nem pode ser reinvestido.

Vejamos alguns exemplos que ilustram essa idéia.

4.1. O glóbulo branco

Pareceu-nos interessante comparar os conhecimentos "recitados" por certos alunos e os utilizados numa situação nova. Após a projeção de um filme, crianças das 3ª e 4ª séries (10-11 anos) estudaram os glóbulos brancos do sangue. Com a ajuda do professor, elaboraram um relatório que aprenderam (e que sabem restituir de maneira bastante correta)²⁶.

Descrição:	o glóbulo branco ou leucócito é uma célula que tem um núcleo rodeado por citoplasma e uma membrana citoplásmica .
Deslocamento:	esse citoplasma é muito deformável, os glóbulos brancos deslocam-se lentamente, produzindo prolongamentos chamados pseudópodes .
Papel:	os leucócitos atraídos pelos micróbios têm como função a de destruí-los ; empurram pseudópodes de maneira a envolvê-los e digeri-los; esse fenômeno tem o nome de fagocitose .

Estamos na presença de um texto claro, bem estruturado, que resume o conjunto dos elementos importantes que os alunos puderam estudar. Confrontemos esse documento com alguns trechos de uma entrevista que realizamos onze dias depois. Analisando-se certas reflexões infantis, pode-se perceber que são reveladoras das fraquezas de semelhante aprendizagem.

²⁶ Segundo G. DE VECCHI, Modalidades de tomada em conta das representações infantis em biologia na escola elementar e seu interesse na formação dos professores. Tese de 3º Ciclo, Universidade de Paris VII, 1984.

OBSERVAÇÕES DE CRIANÇAS	ANÁLISE
1 – “Ele tem uma ventosa para segurar-se” (Anne-Claude)	Anne-Claude reteve que o leucócito tinha uma “ventosa” imaginária; isso não é fortuito; essa formulação é indispensável na sua lógica de pensamento, para explicar a locomoção cujo funcionamento não foi absolutamente entendido.
2 – “Engolem os micróbios com uma boca que se abre” (Sébastien)	Mesmo tipo de análise do que a observação anterior: esse aluno não concebe que possa haver ingestão de uma bactéria sem a existência de uma boca.
3 – “Vai em todas as direções procurar os micróbios que estão escondidos” (Eric)	Um certo grau de finalismo e antropomorfismos, persistente nesse aluno, impede uma compreensão mais profunda do fenômeno [aliás, um trecho do resumo, escrito com a ajuda das crianças e provavelmente concebido pelo professor, também revela um certo toque finalista (os leucócitos... têm como função...)]
4 – “É um antibiótico, porque mata os micróbios” (Claude)	O resumo gera uma analogia que incita Claude a assimilar um elemento vivo a uma substância química, diferença essa que ele não pode fazer, pois seu nível semântico não está suficientemente desenvolvido a esse ponto.
5 – “Há um chefe e vários glóbulos atacam” (Hamed)	Observação do mesmo tipo da anterior. A idéia de luta contra as bactérias é interpretada de uma maneira muito estereotipada; um “ataque” só pode estar organizado como um exército ou um grupo.
6 – “O glóbulo branco é como um ímã, atrai os micróbios para matá-los” (Christophe)	Nova analogia reforçada por uma dose de finalismo (que, como podemos ver, reaparece várias vezes).
7 – “Eu não entendi direito; o que ocorre quando um micróbio está atrás dele? A boca se move? (Edith) – “Não, ele vira” (Florence)	Duas observações mostram claramente que os alunos não entenderam a que correspondia a estrutura do glóbulo branco e o que a fagocitose era realmente.
8 – “Pode fazer tudo isso porque tem um núcleo e... o que tem ao redor” (Corinne)	Corinne reteve que essa célula tinha um núcleo e citoplasma, mas evidentemente ela não entendeu que isso correspondia a uma noção geral (elemento de definição do que são todas as células); aliás, a formulação do resumo pode gerar uma confusão: “o glóbulo é uma célula que tem um núcleo rodeado por citoplasma e uma membrana citoplásmica” (assim como o Sr. X é um homem que possui um carro de tal marca), e não “o glóbulo branco tem um núcleo, citoplasma e uma membrana, como todas as células”. Em todo o caso, o conceito de célula não está ao alcance das crianças com essa idade, sendo que os termos utilizados não podem ter um sentido, como já o ressaltamos.

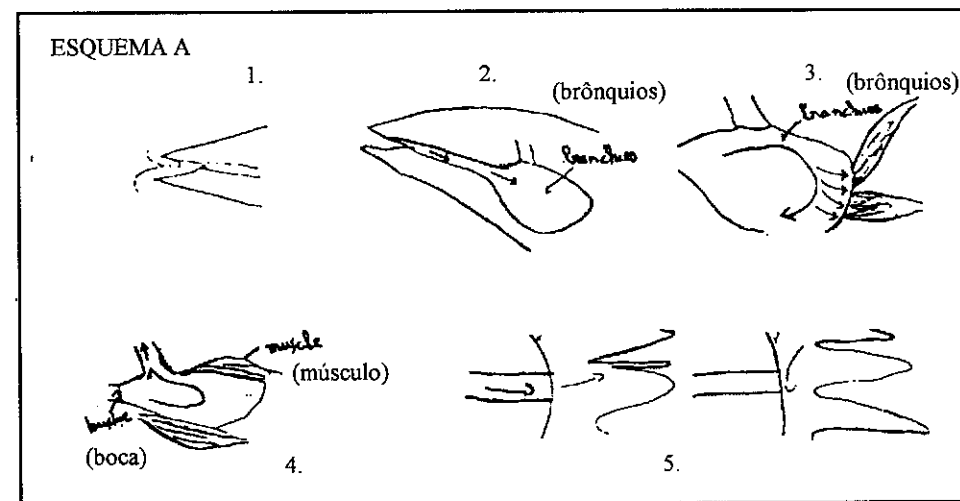
4.2. A respiração do peixe-vermelho

Vejamos agora, através de outro exemplo, se podemos explicar esse não-reinvestimento de uma maneira mais precisa.

Já em 1976, assinalávamos um exemplo que ilustra essa idéia. Uma equipe de 5 alunos de 12 a 14 anos estava estudando a respiração através de um conjunto de trabalhos sobre os animais aquáticos. No ano anterior, fora abordada a respiração do peixe-vermelho. Uma análise de seu relatório indicava que esses alunos haviam evidenciado, com a ajuda de um corante, os movimentos da água banhando as brânquias; por outro lado, estas haviam sido dissecadas e desenhadas. Os alunos haviam anotado, ao lado dos esquemas, representando suas observações microscópicas e a circulação da água e dos gases: “Como respira o peixe? A água contendo oxigênio dissolvido entra pela boca e sai pelos ouvidos após ter banhado as brânquias. A seguir, o oxigênio passa para o sangue. A abertura e o fechamento alternados da boca e dos ouvidos asseguram essa circulação d’água”.

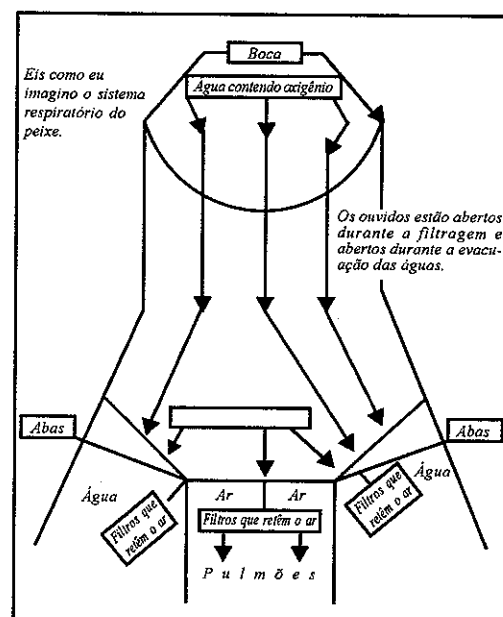
Fomos levados a pedir para esses alunos, durante suas investigações, que nos lembrassem como o peixe-vermelho respirava. Um dos alunos respondeu: “ele absorve o oxigênio dissolvido na água através das brânquias”. Ante nossa insistência em pedir explicações complementares, o grupo fez uma combinação e respondeu: “a gente vai dissecar um peixe... para ver onde estão os pulmões”. Para recuperar-nos dessa surpresa e tentarmos entender a coexistência desses dois tipos de explicação – brânquias e pulmões, propusemos a eles que desenhassem um esquema explicativo.

Os cinco alunos não conseguiram pôr-se de acordo sobre um desenho único; apresentaram dois: o esquema A (3 alunos) e o esquema B (2 alunos).



1. "A água entra pela boca"
2. "A água vai para as brânquias"
3. "O oxigênio contido na água atravessa a parede das brânquias e vai perder-se nas pequenas veias vizinhas"
4. "Os músculos das brânquias atuam, e a água é cuspidada num tubo respiratório que leva até os ouvidos"
5. "O ouvido serve de válvula. Os tubos respiratórios que tomam e expõem a água das brânquias também têm válvulas. Estão localizadas no lugar onde os tubos respiratórios se confundem com as brânquias"

ESQUEMA B



É interessante, hoje, deter-se nessas produções e tentar interpretá-las, pois elas são significativas, tanto para as concepções dos alunos a esse respeito quanto para o que eles integraram a partir do curso do ano anterior²⁷. Embora parcialmente diferente, a representação inicial desses 5 alunos não foi realmente modificada pelo que aprenderam, pois, "para respirar, são necessários pulmões". Na verdade, essa concepção manteve-se em seus aspectos fundamentais, ao mesmo tempo em que um certo texto relativo à respiração havia sido memorizado com sucesso.

Para os três alunos da versão "A", o ensino seguido modificou apenas pontos secundários: a palavra "brânquia" substituiu simplesmente a palavra "pulmão", sendo que a brânquia tem a estrutura e o funcionamento do pulmão. Esses alunos admiti-

²⁷ Esses 5 alunos haviam seguido um mesmo ensino fundado numa "pedagogia dialogada" apoiada sobre trabalhos práticos. Havia sido motivados e lembravam bem o que haviam feito, dito e aprendido um ano antes.

ram, no entanto, a circulação da água "entrando pela brânquia e saindo pelos opérculos", fenômeno esse evidenciado pelo professor através de um experimento. Isso os levou a completar o mecanismo habitual dos pulmões, inventando um sistema engenhoso que permitiu fazer coincidir suas idéias com o que o professor havia mostrado. Com efeito, eles imaginaram um sistema à base de válvulas, "com uma entrada pela boca e uma saída pelos opérculos". Mas, no essencial, a brânquia se infla à maneira de um pulmão acionado por músculos (assimilação à sua representação do funcionamento pulmonar); isso parece lógico, pois para a maioria das crianças, e até dos adultos, a respiração é unicamente uma questão de ventilação mecânica ao nível dos pulmões.

Na versão "B", os dois alunos entenderam bem que a função das brânquias consistia em captar o oxigênio da água. Isso não foi suficiente, porém, para que pudessem explicar o fenômeno da respiração sem a intervenção dos pulmões. Estes, com efeito, estão localizados de maneira tal que podem receber "o ar filtrado pelas brânquias", pois, na mente dos alunos, unicamente ao seu nível é que a respiração pode ocorrer. Encontramos, várias vezes, esse mesmo erro entre os alunos-professores primários e até nos professores com vários anos de prática. Encontramos também explicações do fenômeno de respiração cutânea, por exemplo, na rã ou até no homem, que faziam intervir "tubos entre os pulmões e a pele"²⁸.

Segundo o modelo desse exemplo, hoje famoso, temos encontrado um grande número de outros casos semelhantes ligados a assuntos variados. Alunos que, após terem estudado e memorizado a circulação do sangue, representam-na corretamente, o que não é simples; mas, quando se lhes pede para representar os pulmões no esquema, colocam-nos no ventre (assim como fazem a maioria das crianças com essa idade) e isso sem que a menor relação seja estabelecida com o desenho inicial. Assim, a circulação pulmonar, esquematizada num primeiro momento, não tem nenhuma relação com os pulmões, acrescentados posteriormente.

²⁸ Até gravamos com um professor a reação seguinte [E: entrevistador, P: professor entrevistado]:

E: Para que servem as brânquias?

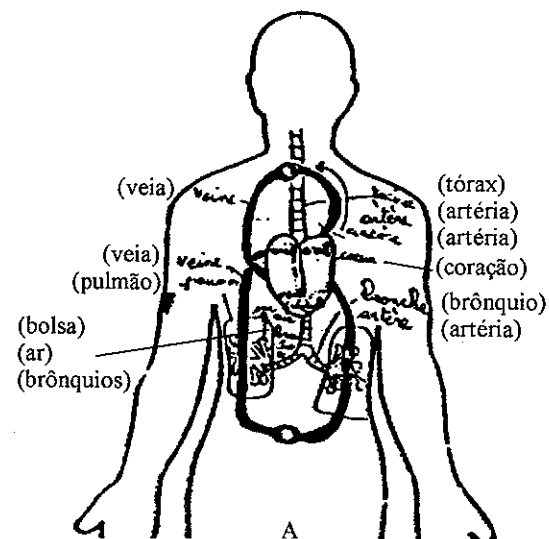
P: Para respirar.

E: Mas todos os peixes têm brânquias?

P: (após uma certa hesitação)... provavelmente.

E: Mas os peixes respiram de verdade?

P: ... Não, pois eles vivem na água e não há ar na água.

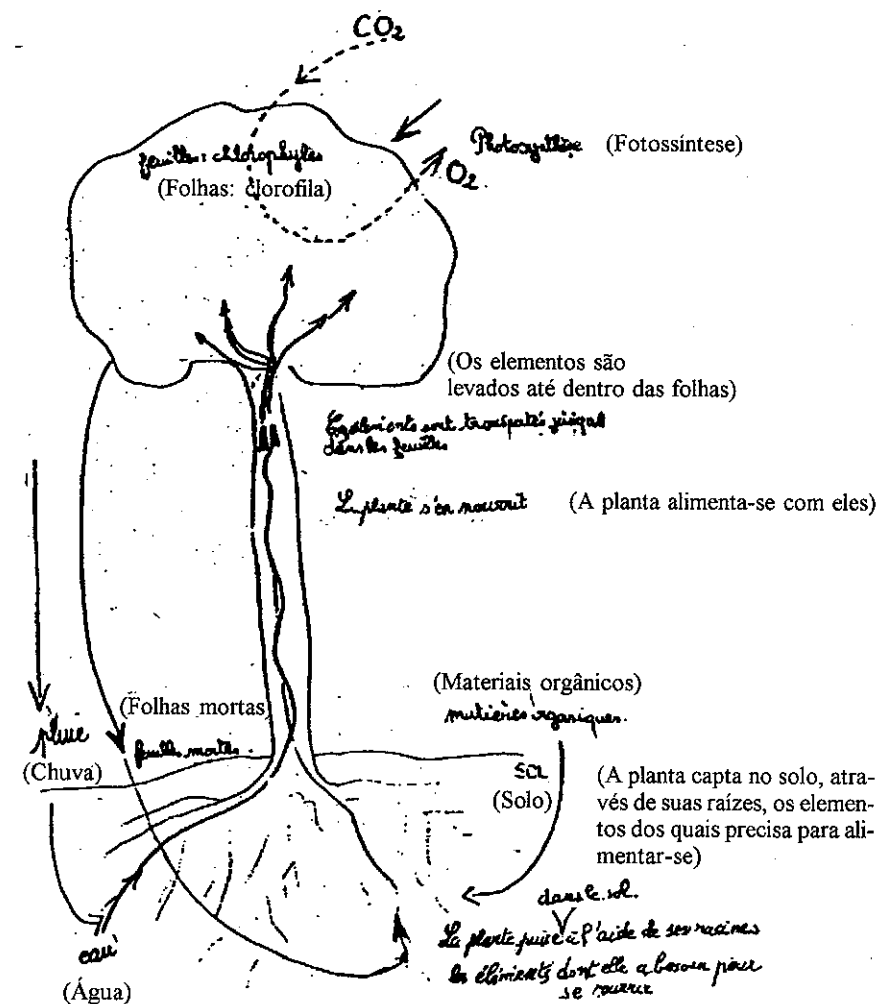


Mas esse tipo de observação não é encontrado apenas nos assuntos relativos ao corpo humano ou aos animais.

4.3. A nutrição das plantas

Estudamos esse assunto em diferentes níveis escolares, mais particularmente em aulas preparatórias ao bacharelato, bem como depois desse mesmo exame. A título ilustrativo, trataremos o seguinte exemplo: na última série do 2º Grau, um ano após ter abordado o capítulo relativo à fotossíntese, um aluno foi capaz de produzir um esquema sintético comportando os conhecimentos mais importantes referentes a essa noção²⁹.

²⁹ Obs. RIBOLINI, pesquisa ENSAA, INRAP, LDES. Entre 54 alunos estudados, constatamos 49 diferentes colagens.



Interrogado, oralmente, conseguiu até distinguir as “fases escuras” e as “fases claras” dos processos químicos. Ou seja, ele parecia dominar totalmente esse fenômeno, o que permitia pensar que esse ponto do programa havia sido adquirido. No entanto, uma entrevista mais aprofundada evidenciaria duas concepções frequentes entre os aprendentes: “a planta se alimenta na terra”; dela “absorve sua matéria orgânica”. E à pergunta: “mas então para que serve a matéria orgânica fabricada pelas folhas graças à fotossíntese?”, o aluno respondeu: “No outono caem as folhas, as matérias orgânicas passam para o solo e são absorvidas pela planta”. Assim, um vegetal encontraria sua alimentação (orgânica) na seiva oriunda das raízes, e as substâncias produzidas nas folhas só teriam a função de cair no chão para serem absorvidas pela mesma planta... ou por outras.

Esse exemplo dispensa qualquer comentário demorado. A representação anterior desse aluno era tão potente que mascarava completamente todo o aporte do curso. Muito longe de alimentar diretamente a planta, a fotossíntese intervinha de maneira indireta: o aluno havia construído, pois, como anteriormente, um mecanismo próprio para fazer coexistir suas concepções anteriores com o que o professor lhe havia ensinado. Quantos outros aprendentes não puderam ultrapassar esse filtro constituído pelas concepções anteriores que possuem?

Poder-se-ia pensar ao menos que um conhecimento que encontre uma aplicação direta na vida diária seria integrado com uma facilidade maior; a realidade nos mostra que não é assim.

4.4. O ciclo da mulher e o período de fertilidade

Trata-se de uma área do saber que pode ser qualificada de “útil” e que está na moda em nossa época, no quadro da chamada liberação sexual. Pensávamos que esses assuntos fossem amplamente conhecidos. Tanto assim que efetuamos esse teste entre um público privilegiado, o dos estudantes de Ciências Humanas³⁰.

Mais de 50% das pessoas entrevistadas fornecem uma resposta errada à primeira pergunta. A convenção de fazer iniciar o ciclo com o começo das regras é ignorada por 15% dos estudantes (entre os quais as mulheres!); a fertilidade situa-se, para 20% deles, no início do ciclo; para 15%, no fim do ciclo e, para 3%, justaposto em dois ciclos sucessivos.

Observa-se, com freqüência, uma confusão entre período de fertilidade e período das regras. 60% dos estudantes não fazem a relação explícita entre a ponta ovular, a duração de vida dos espermatozoides nas vias genitais da mulher e o período de fertilidade.

O encontro do espermatozoide e do óvulo é conhecido por quase todos, mas o evento permanece meramente fenomenal para 60% das respostas, sendo que o aporte respectivo dos dois gametas é totalmente ignorado³¹.

Quanto à menstruação, a maioria das respostas ficam limitadas à idéia de Empédocles³²: trata-se do “sangue que se acumulou nas vias genitais durante 28 dias para alimentar o futuro embrião” ou “para constituir um berço” para este. Dois terços dos estudantes desconhecem a origem das regras; podem vir tanto da vagina

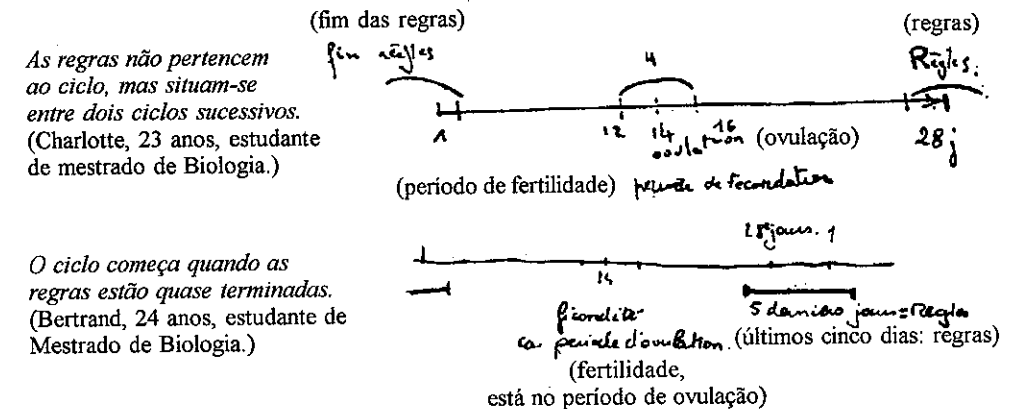
³⁰ Perguntas formuladas: 1. Indicar qual é, na mulher, o período de fertilidade. Qual o período das regras? Indicar isso num esquema representando o ciclo da mulher. 2. O que são as regras? Pesquisa efetuada na Universidade Paris V (1980-81) e na Universidade de Genebra (1984-85): 262 estudantes (60% de mulheres).

³¹ A duração do ciclo também é ocasionalmente desconhecida ou estritamente limitada a um ciclo convencional de 28 dias. Vários estudantes do último ano do 2º Grau, durante o curso que lhes fora dado sobre a reprodução humana, até nos perguntaram se o décimo-quarto dia do ciclo correspondia ao décimo-quarto dia do mês!

³² Quinto século antes de Cristo.

quanto do ovário (no momento da ovulação), das trompas, do envelope do corpo amarelo, ou do óvulo “evacuado que explode”. Nesse último caso, isso traduz, ademais, um desconhecimento das dimensões reais das células sexuais ou uma total falta de espírito crítico.

Surpreendidos por esses resultados, fomos levados a renová-los sobre um período de vários anos e até a interessar-nos pelo que podiam conhecer, sobre esse mesmo assunto, estudantes de mestrado de Biologia³³. Ora, alguns dos erros observados nesses últimos estudantes são muito semelhantes, como mostram os dois esquemas abaixo³⁴:



Para estudantes adultos, esse conjunto de resultados, obtidos a respeito de um assunto relativamente “atraente”, parece muito surpreendente, tanto mais que se pensava estar lidando, nesse caso, com uma área não estritamente escolar. O assunto é constantemente abordado pelas mídias, em particular, pela imprensa feminina e adolescente. Ainda assim, fica revelado que isso segue sendo uma área ignorada, tão confusa quanto as outras. Uma explicação em que poderíamos avançar a esse respeito consistiria em dizer que, precisamente por causa dos sucessos científicos e técnicos, o indivíduo habituou-se a servir-se de objetos técnico-científicos sem entender seu funcionamento. Ao ligar a televisão, ao ligar o carro, ou ao tomar a pílula, sabe que “vai funcionar” e se desinteressa de seus mecanismos implícitos, a partir do momento em que os resultados obtidos são os esperados. O problema educativo permanece inteiro, entretanto, pois a escola ou as mídias desejam precisamente trazer uma compreensão desses mecanismos.

O pensamento não é “neuro” e não se alimenta apenas de Verdades aprendidas. Existe um sistema explicativo prévio, que não se apóia unicamente em aquisi-

³³ Pesquisa efetuada na Universidade Pierre-et-Marie CURIE (1983-1984): 21 estudantes.

³⁴ Um estudo mais completo, efetuado no fim da escolaridade secundária por P. BILBAO, mostra que 28% dos alunos não conhecem o ciclo da mulher, 50% fornecem uma resposta errada à pergunta sobre a fertilidade e o mesmo percentual tem uma visão errada da contracepção. P. BILBAO, *Evaluation de l'information sexuelle* [Avaliação da informação sexual], Tese de 3º Ciclo, Paris VIII, 1981.

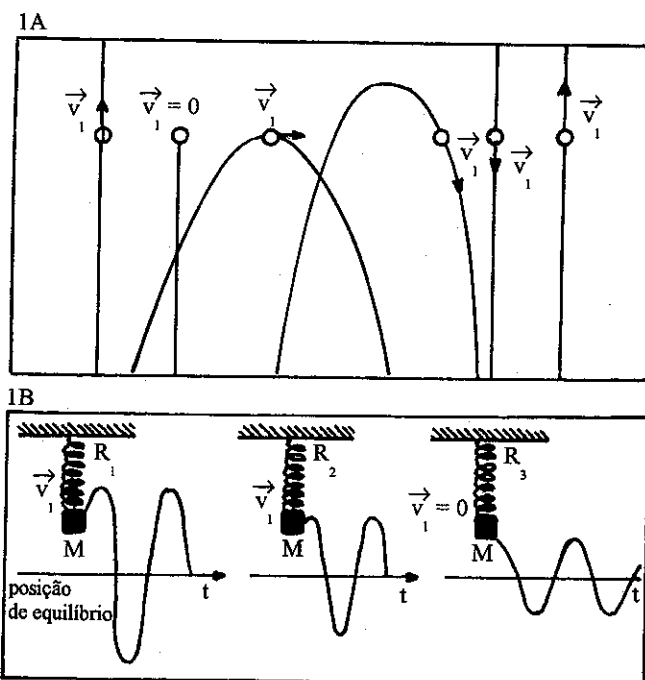
ções escolares, mas que é constantemente alimentado pela experiência da vida diária. Constitui um conjunto relativamente organizado e coerente de modelos e regras de raciocínio que o torna particularmente estável. Para ir além dessas explicações imediatas, os aportes de um curso, ainda que bem construído, não são suficientes. O fato de não poder fazer esses elementos confrontarem-se realmente com um sistema paralelo, freqüentemente desconhecido, tanto pelos professores como pelos aprendentes, fará com que o formalismo do professor e a intuição do aluno se esquivem mutuamente.

4.5. Alguns conceitos de Mecânica

A idéia anterior foi particularmente bem desenvolvida no trabalho de Laurence Viennot³⁵ a respeito de noções de cinética e dinâmica elementares. Para isso, ela propôs aos seus estudantes situações particularmente simples do ponto de vista formal, mas que envolviam raciocínios muito específicos, como mostram as perguntas a seguir:

Pergunta (a mesma para cada teste): "As forças exercidas em cada bola (ou cada massa) são idênticas entre si no momento do cliê?"

Em cada teste, sistemas idênticos estão numa mesma posição e só diferem em seu movimento; seis bolas lançadas por um pelotiqueiro (1 A) e três massas suspensas por molas (1 B). A trajetória é a linha pontilhada, e indicou-se a velocidade v no momento do cliê. Desprezar todos os atritos.



³⁵ L. VIENNOT, *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire* [O raciocínio espontâneo na dinâmica elementar], Hermann, 1978.

Como mostram os quadros a seguir, os resultados são pouco satisfatórios³⁶:

1C

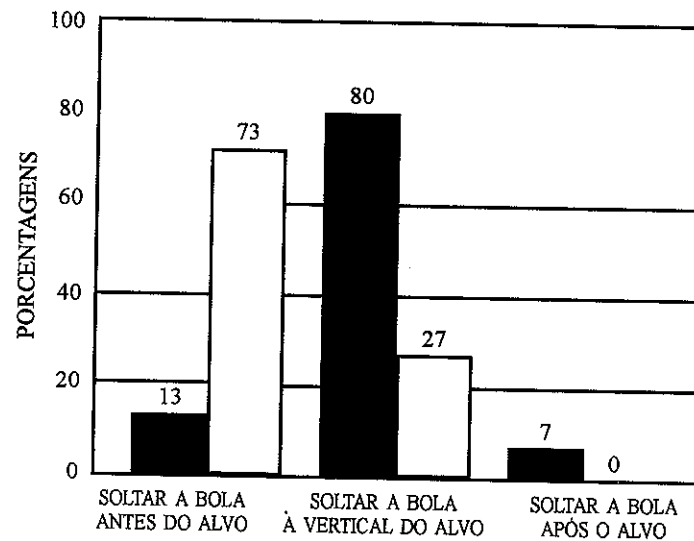
	número de estudantes	as forças são: idênticas	diferentes	sem resposta
RESPOSTA DO TESTE 1 A				
Última série D	29	39%	55%	6%
1º ano DEUG SSM	36	58%	48%	
RESPOSTA AO TESTE 1 B				
1º ano DEUG SSM	20	70%	30%	
1º ano Mestrado de Física	49	37%	55%	8%
2º ano DEUG SSM	95	48%	40%	12%
Última série científico Guilford, Grã-Bretanha	14	57%	35%	
1º ano universidade científica Guilford, Grã-Bretanha	14	57%	43%	

Série D: bacharelato de Ciências Experimentais.
DEUG: diploma de estudos universitários gerais.

Assim, L. Viennot pôde mostrar que estudantes, relativamente à vontade ante situações escolares habituais (como problemas nos quais é preciso manusear fórmulas e equações variadas) enfrentam dificuldades ante atividades simples, muito mais próximas da vida comum. Voltamos a encontrar portanto o que avançáramos durante o estudo do ciclo da mulher³⁷. Isso foi confirmado, há muito pouco tempo, por um

³⁶ Temos reutilizado com freqüência esses resultados no quadro de atividades de formação de professores científicos: 90% dos professores de Biologia não conseguem resolver essas situações corretamente. ³⁷ Em conclusão, L. VIENNOT observa que: "se alguns desses raciocínios coincidem com os ensinados, outros afastam-se deles marcadamente. Estes últimos procedem essencialmente de uma tomada em consideração global do movimento e de tentativas de explicações causais imediatas; atribuída ao objeto, a causa é formulada através de um complexo dinâmico mal diferenciado: força-impulso-energia potencial ou cinética-velocidade. Essa causa é mal situada no tempo e é muito aderente ao efeito: a força é proporcional à velocidade, à amplitude do movimento, gasta-se com o efeito, adapta-se ao equilíbrio radial de um satélite, etc. Freqüentemente compatível, se não se olhar de muito perto, com raciocínios em termos de forças fictícias, esse modelo espontâneo fica ainda mais coerente. Pode-se ver outro fator de estabilidade na atribuição ao próprio objeto do complexo causal dinâmico: a força exercida sobre um objeto e a força desse objeto fundem-se numa única e mesma causa de movimento; assim sendo, a pergunta "o que é que age sobre o quê?" é freqüentemente eliminada e os pontos de aplicação são deslocados com a maior alegria. Isso confere uma grande flexibilidade ao sistema explicativo e facilita ainda mais a adaptação das causas aos efeitos".

estudo complementar realizado nos Estados Unidos por M. McCloskey³⁸. Essa pesquisa mostra, mais particularmente, que as concepções intuitivas de cinemática podem agir sobre a maneira como as pessoas interagem com os objetos em movimento. Com efeito, pediu-se a estudantes que, entre outras coisas, atravessassem uma sala e, enquanto caminhavam, deixassem cair uma bola de golfe sobre um alvo marcado no chão. Os resultados do teste, transcritos no gráfico abaixo, mostram que os sujeitos não adotam a mesma estratégia conforme seguiram ou não cursos de Física.



Os que estudaram Física durante ao menos um ano (colunas brancas) soltam mais a bola antes do alvo do que os outros (colunas negras). Ainda assim, mais de um quarto dos estudantes de Física continuam acreditando que a bola deve ser solta à vertical do alvo.

Por que será que os estudantes erram com tanta frequência sobre o trajeto de um corpo em movimento, embora eles resolvam problemas teóricos ligados ao mesmo assunto, ou até ao agirem? Vários estudos recentes indicam que os erros não são aleatórios, mas sim sistemáticos. Sua fonte está numa teoria geral e coerente do movimento; embora essa teoria oriente suas ações, de maneira adequada em muitas circunstâncias, ela discorda das leis de Newton. Aliás, parece-se de maneira marcante com a teoria pré-newtoniana do “ímpeto”³⁹.

³⁸ M. McCLOSKEY, Intuitive Physics [Física Intuitiva], *Scientific American*, 1983, 248.

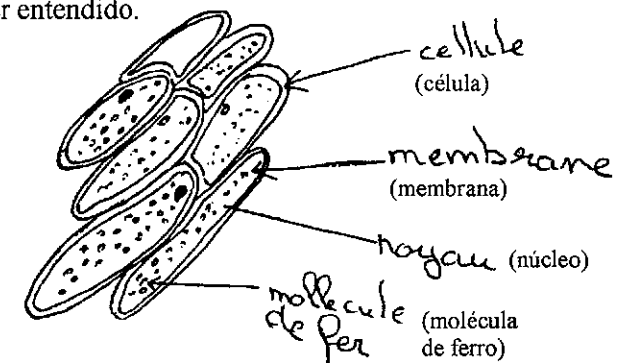
³⁹ A teoria do ímpeto afirmava que um corpo, ao movimentar-se, adquiria uma força “interna” que lhe permitia manter-se em movimento. Não será isso o que está subentendido quando se diz, por exemplo, “tomo impulso”?

Nesse caso, a inexactidão de nossa intuição é surpreendente. Poder-se-ia ter pensado que, armados com nossa experiência diária, tivéssemos idéias relativamente precisas sobre o movimento dos objetos em situações familiares. Até podíamos esperar que a maioria dos estudantes interrogados, durante sua escolaridade universitária de Física, conhecessem, ainda que de maneira aproximativa, os princípios gerais da dinâmica. Aparentemente, não é esse o caso; os estudos de L. Viennot e M. McCloskey revelam que muitos sujeitos prevêem muito mal o movimento dos objetos, até em circunstâncias simples.

Até parece que, nesse nível, os estudantes se apóiam com frequência em sua teoria intuitiva para integrar as noções novas do curso. Por esse motivo, essas correm o risco de serem mal interpretadas e deformadas para que “colem” com suas idéias preconcebidas⁴⁰.

As observações são tão convergentes que quase podemos generalizar essas reflexões. Isso pode chegar até o nível do científico profissional, o que nos permite encerrar este inventário com uma anedota. Num colóquio referente à respiração estavam reunidos especialistas da história da respiração nos gregos e especialistas em enzimática. Após uma exposição sobre as enzimas, um membro do primeiro grupo fez a seguinte pergunta: “mas onde estão as enzimas respiratórias nos pulmões?”⁴¹

3.a) Como se representa o interior de uma bola de ferro na temperatura da sala (20 graus) (se pudesse observá-la com um enorme aumento). Explique em poucas palavras o que veria e faça um desenho com as indicações necessárias para que possa ser entendido.



Trecho de questionário sobre a estrutura interna do ferro
Obs. Bain-Bertrand, LDES, Universidade de Genebra

⁴⁰ Estudos A. GIORDAN, LDES. Esse ponto representa uma hipótese tão geral sobre o modo de aprender que voltaremos a ele mais adiante.

⁴¹ É claro que os pulmões não contêm as enzimas respiratórias e que estas estão localizadas no conjunto dos tecidos que constituem nosso organismo; elas agem ao nível da respiração celular.

O balanço que apresentamos pode parecer dramático. É verdade que esses resultados são arrasadores e, ainda assim, no que tange, por exemplo, aos adultos, só avaliamos sujeitos que tinham sido aprovados nos exames, e alguns deles estavam bem avançados em sua especialização. O que ocorreria, pois, com indivíduos do primário que, como 80% dos europeus, não conseguiram terminar o segundo grau⁴²?

Isso pode parecer aberrante. Pertencemos a uma civilização na qual o ensino científico é amplamente difundido, até ao nível das criancinhas, a as mídias comentam o menor progresso científico.

Como explicar isso então? Pois está fora de cogitação mergulhar num fatalismo ou derrotismo não-construtivo.

Temos encontrado múltiplos exemplos semelhantes aos que descrevemos. Todos revelam amplamente a distância que separa o docente, que transmite um saber a partir de sua própria lógica, e os alunos que interpretam, a partir de seu próprio sistema de referências, os discursos do professor ou as atividades propostas por este último. A cada vez, esses exemplos demonstraram também que os conhecimentos memorizados na escola ou fora dela se justapõem a um tenaz saber anterior que, no melhor dos casos, se deixa parcialmente deformar para manter-se melhor.

Donde a idéia que induziu nossos trabalhos posteriores: o ensino científico não pode ignorar, ou até eliminar, as concepções dos aprendentes. Deve conhecê-las, reconhecê-las e tomá-las em consideração, para poder interferir com elas.

⁴² Outros estudos confirmam hoje essa não-transmissão do saber nos países anglo-saxônicos. Communautés européennes, *Les attitudes du public européen face au développement scientifique et technique* [As atitudes do público europeu ante o desenvolvimento científico e técnico], Bruxelas, fevereiro de 1979;

S.J. HUEFTE, S.J. RAKOW e W.W. WELCH, *Images of science. A summary from 1981-1982 National Assessment in Science*, Science Assessment and Research Project, University of Minnesota, junho de 1983.

NAEP, *Energy: Knowledge and Attitudes*, Denver, dezembro de 1978

NAEP, *Science Objectives: Third Assessment*, Princeton, 1979

NAEP, *Three Assessments of Science, 1969-1977, Technical Summary*, Denver, abril de 1979

NAEP, *What Do Young Adults Know About Science? Some results From Two National Assessments* (by B.J. HOLMES and DE. WRIGHT), Princeton, fevereiro de 1980.

OBSTÁCULOS CONTRA A APROPRIAÇÃO DO SABER

1. As causas dos desfuncionamentos constatados

Por que os modelos científicos, freqüentemente preparados com cuidado pelo professor ou pelo divulgador, não conseguem se impor? Talvez as causas dessas disfunções sejam múltiplas. Poder-se-ia denunciar desordenadamente um conjunto de problemas cuja hierarquização deve ser estabelecida.

Em primeiro lugar, o ensino de massa tem desorientado um grande número de educadores. Insuficientemente preparados para ao mesmo tempo entender e educar novas gerações e alunos muito dessemelhantes, já que todos hoje devem freqüentar o segundo grau, muitos professores se entregam à dúvida e cambaleiam sem glória entre o laxismo e o autoritarismo¹.

Em segundo lugar, as múltiplas reformas do ensino que se têm sucedido num ritmo acelerado foram essencialmente concebidas por administradores ou grupos de inspetores, isolados, ao mesmo tempo, dos alunos e da ciência. Não foram precedidas, aliás, por uma verdadeira preparação fundada numa reflexão global e padecem de uma falta evidente de unidade e continuidade. No melhor dos casos, desembocaram num excesso de formalismo para tentar moldar-se aos novos conhecimentos científicos e privaram de uma "bóia salva-vidas" um certo número de alunos deficientes em Matemática.

Em terceiro lugar, um papel nada desprezível foi exercido também pela falta de recursos e pelo baixo número de horas dedicadas às ciências, por causa da inflação dos programas, devido por sua vez à inflação do saber científico.

Em quarto lugar, pode-se lamentar que a formação dos professores seja inexistente ou muito insuficiente², tanto no que tange ao conteúdo da disciplina a ser ensinada como no plano da didática e da pedagogia geral. Quantos professores atualmente em exercício abordaram, em sua formação profissional, a psicologia da criança ou do adolescente?

¹ Acrescente-se a isso a perda de prestígio da profissão.

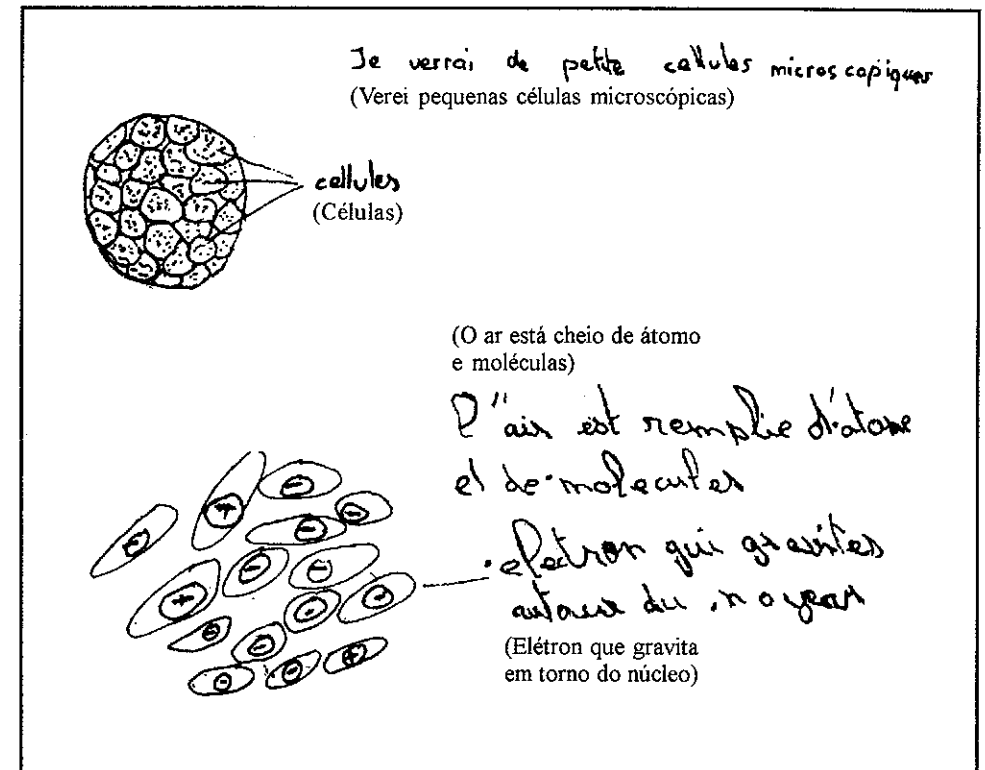
² Quanto aos divulgadores, outros que não os professores, é o conjunto da formação que, na maioria das vezes, está ausente.

Quantos ouviram falar em epistemologia das ciências? Poder-se-ia desenvolver muita coisa sobre cada um desses assuntos. O todo é coroado pelas repercussões devido a uma crise de valores, muito mais geral do que se costuma dizer, bem como pela resultante instabilidade das sociedades modernas e industriais. Pois a educação é uma das atividades mais elementares e mais necessárias das sociedades humanas que hoje tendem a renovar-se cada vez mais, devido à chegada e formação das novas gerações. Ora, o ensino das ciências ilustra muito diretamente o estreito laço existente entre a escola, a cultura científica (no sentido amplo) e as atuais sociedades, dominadas pelo saber científico e tecnológico. Nada mais surpreendente, pois, se esses problemas surgem de uma maneira particularmente aguda³.

As causas de um ensino científico em xeque, porém, não são unicamente de ordem estrutural. Analisaremos um aspecto igualmente fundamental, que é, ao mesmo tempo, mais simples, pois não concerne nem às instituições nem às tecno-estruturas, e mais delicado, pois é constantemente eliminado, até pelos movimentos de inovações. Trata-se de uma causa de diferenciamento, da qual não se tem falado, ou muito pouco, até agora (exceto em certos meios iniciados) e que está, entretanto, na base da não-integração do saber: o ensino científico esquece de levar em consideração o público ao qual se dirige, isto é, ele despreza o que é o aluno, o estudante ou o aprendente no sentido amplo⁴. Isso corresponde, aliás, a um fenômeno muito mais geral, pois a situação é a mesma para qualquer divulgação científica; trata-se, na verdade, de determinar qual o tipo de relação que se quer estabelecer com o saber.

³ Ainda assim, a opinião pública está pouco sensibilizada a esse respeito. Tem consciência das dificuldades do ensino de Matemática ou de História, mas as enfrentadas pela educação científica ainda fazem sentir-se pouco, o que não deixa de ampliar os problemas.

⁴ Esse obstáculo é particularmente visível nos sistemas educacionais que qualificaremos de privilegiados, isto é, os (escolas novas, por exemplo o ensino genebrês) que têm recursos, materiais e financeiros, uma formação dos professores bem estabelecida e que têm refletido sobre o conteúdo dos cursos – mas cujos resultados educacionais não são mais brilhantes do que outros.



Concepções de crianças com 14 anos de idade a respeito da estrutura interna do álcool (acima) e do ar (abaixo). Obs. Bain & Bertrand, LDES, Universidade de Genebra.

É verdade que a maioria dos filósofos “cognitivistas” têm discutido a origem do conhecimento e insistido sobre a pessoa à qual pretendem se dirigir. Alguns debates históricos abordaram até os componentes que caracterizam o aprendente. Assim, reagindo contra o dogmatismo idealista de Descartes e Leibniz, Locke considera a mente apenas como “uma tábua rasa”, na qual as coisas simplesmente deixam sua marca. “Não mais idéias inatas, não mais princípios *a priori*, não há no entendimento outros elementos senão os trazidos pela sensação”. Hume, por sua vez, foi levado, por uma profunda análise da lei de causalidade, lei fundamental nas ciências físicas, a declarar que esta se reduz a um simples “hábito de mente”. Infelizmente, esse debate não deixa de ter graves conseqüências no plano da pedagogia, desde a transposição feita por Condillac sobre a educação: “*Nihil est in intellectu quod non fuerit in sensu*”⁵.

⁵ CONDILLAC, *Traité des sensations* [Tratado das sensações], 1754.

A seguir, os associacionistas do fim do século XIX, por motivos no entanto opostos, reforçaram essa tendência. Para eles, os conceitos, mesmo os que parecem ser “os mais distantes dos primeiros resultados da experiência e que qualificamos de universais e necessários, reduzem-se, através de uma análise progressiva, a elementos empíricos, ora reunidos de maneira temporária, ora soldados em pares e conjuntos indissolúveis pelo fato da associação” – Tudo se explica, disse Hartley, “pelas sensações primitivas e a lei da associação”. Percebida primeiramente lá onde estava em maior relevo, a lei da associação, até nos tempos posteriores, apareceu pouco a pouco como a lei universal do mecanismo intelectual em sua totalidade.

Assim, a cada vez, o aprendente era “evacuado”, quer porque o saber era considerado como inato, quer porque só a experiência contava e era registrada lote por lote num fundo de memorização puramente passivo. Somente Bachelard, em 1938, distingue-se dos demais ao declarar, sem por isso desenvolver sua idéia: “Admirei-me freqüentemente com o fato de que os professores de Ciências, ainda mais do que os outros, se é que isso é possível, não entendem que não se entenda. (...) Não pensaram no fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida diária”. Com efeito, poder-se-ia dizer que, na maioria das vezes, o saber ensinado é pelas concepções anteriores que o aprendente tem sobre o assunto, e assim suas representações prévias se arraigam ainda mais profundamente. No melhor dos casos, os novos conhecimentos infiltram-se no sistema de pensamento previamente instalado, na criança ou no adulto, sem afetar sua estrutura. Esse saber novo, pois, não vem substituir o antigo, contenta-se em penetrá-lo superficialmente sem realmente questioná-lo.

A apropriação do saber científico implica, ao que parece, a implementação de uma nova hipótese sobre a aprendizagem. O aprendente é, ao menos – veremos depois que ele é mais do que isso – um preliminar a ser conhecido e levado em consideração antes de qualquer decisão em matéria de transmissão do saber, quer essa transmissão seja formal (escola, universidade) ou informal (artigos de vulgarização científica, exposição, etc.), quer se situe como preliminar na concepção de um programa, ou de um curso, ou se situe na própria ação de formação.

Essa mudança radical na relação educativa, exigida para ter acesso ao saber científico, está longe de revelar-se fácil de levar em consideração na prática, e as pesquisas que apresentamos mais adiante demonstram-no de maneira clara. Pois, se os modelos científicos não conseguem se impor, talvez seja também, como o diz Bachelard, “porque não têm postura”. Com efeito, o mostraremos a seguir, não é tão fácil para os aprendentes aceitarem um questionamento do que eles elaboraram desde muito tempo através de suas experiências vividas e que, para eles, são os únicos conhecimentos dignos de confiança. Bachelard dizia também: “Chega um momento em que a mente prefere o que confirma seu saber do que o que o contradiz, quando prefere as respostas às perguntas. Prevalece então o instinto conservativo”. Isso é tanto mais verdade quando o professor ou o divulgador utilizam informações, na maioria das vezes, coerentes, lógicas, aprofundadas para “quem sabe”, porém in-

compreensíveis para o aprendente, quer porque não lhe concerne, quer porque não possui nem o quadro de referência nem a rede semântica necessários para decodificar essa informação.

2. Níveis atuais dos escritos de divulgação científica

Vejamos agora o que é realmente ofertado aos aprendentes. Começamos analisando alguns exemplos escolhidos entre as publicações de divulgação científica.

Em primeiro lugar, não se deve temer dizê-lo, certas explicações propostas por um bom número de revistas beiram o delírio. Por exemplo, quando se pede para certas crianças, com menos de 14 anos de idade, que leiam e sobretudo que entendam este texto escrito para elas⁶:

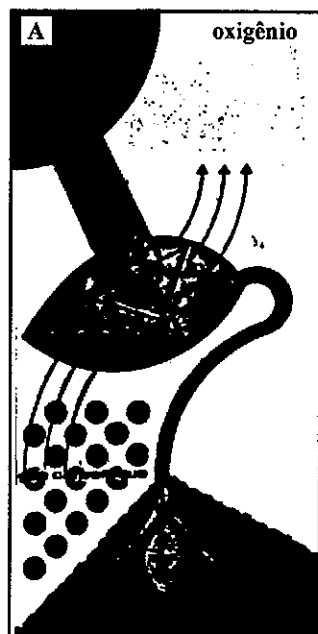
Luz e química

Um composto químico é uma reunião de átomos cujo conjunto forma um agrupamento chamado molécula: um átomo a mais ou a menos, e toda a molécula muda de propriedades. Os fótons, embora menores do que os átomos, ainda assim são capazes, ao chocar-se com as moléculas que constituem as células vivas, de provocar ou favorecer tal ou tal modificação no edifício químico; isso por uma simples permutação de um certo número de átomos.

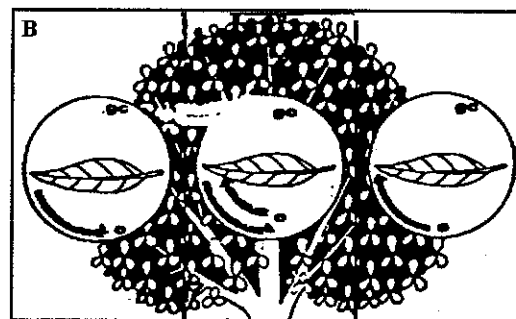
Que atalho, empregando um conjunto de noções que apelam tanto para a Biologia (célula) como para os diversos níveis da Física (composto químico, molécula, fóton, permutação de átomos)! O que poderá entender uma criança que não conhece o significado desses termos⁷? Será que esse texto a incitará a apropriar-se desses conhecimentos, procurando-os, com muito esforço, em outras obras... ou será que pulará até o próximo parágrafo, até integrar a idéia de que a ciência é um conjunto de disciplinas complexas, desanimadoras com o tempo e um pouco mágicas, pois inexplicáveis? Aliás, a continuação desse artigo aborda, na mesma página, a fotossíntese, o fototropismo, a fotofloração, a respiração das plantas, tudo isso a partir de esquemas ilegíveis e incompletos!

⁶ Triolo, 1980.

⁷ Não se trata de uma simples questão de vocabulário, como acreditam freqüentemente professores e vulgarizadores. Cada termo encobre um conjunto de conceitos e teorias que devem ser dominadas e postas em relação.



oxigênio



Fotossíntese

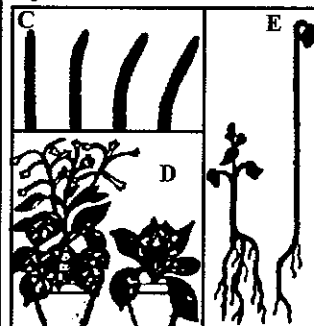
Nos vegetais terrestres, com os quais estamos mais familiarizados, a cor verde é a imagem visível do ingrediente essencial da célula vegetal, a molécula com o nome de clorofila. As plantas de folhas vermelhas também contêm clorofila, porém outros compostos químicos ocultam a cor verde de nossa vista. No contato com a clorofila, os fótons separam a água puxada do solo pelas raízes do gás carbônico que ela contém. A reação é acompanhada por uma produção de oxigênio, expirado pela planta, e de açúcar (amido) que é estocado nas raízes; o conjunto do fenômeno é reunido sob o termo fotossíntese (fig. A). Outras moléculas presentes na placa, tal como a auxina, acumulam-se, bem como as partes à sombra, que, estimuladas em seu crescimento, provocam a inclinação das hastes em direção à fonte luminosa (fig. C).

A flor de tabaco precisa tanto de luz que só pode desabrochar durante os dias mais longos do ano (fig. D esquerda).

No inverno, a planta fica sem flor (fig. D direita). A falta de luz pode, ao contrário,

provocar um crescimento exagerado; a sementeira de mostarda (fig. E, à direita) cultivada à sombra fica hipertrofiada. Mas, em relação à sementeira da esquerda, cultivada à luz, sua folhagem está reduzida e as raízes são poucas.

De dia, a árvore absorve gás carbônico (GC) e expira oxigênio. De noite, não há luz, portanto, não há fotossíntese; a árvore respira como um animal; absorve o oxigênio e expira gás carbônico.



Este exemplo mostra claramente o fato de que muitas produções só podem ser entendidas se o leitor conhecer previamente as explicações do fenômeno descrito. Ou seja, elas não podem trazer nada mais, pois ora os elementos já foram integrados, ora sua apropriação é impossível.

Nada surpreendente, pois, que após a visita a uma exposição sobre a radioatividade e, mais particularmente, após uma conferência sobre os métodos de datação na qual uma profusão de detalhes era fornecida, os alunos nos tenham explicado, em resposta à pergunta “como se data um túmulo?”, que era preciso “contar as riscas (folhetos) da rocha” (alusão essa ao que eles sabiam da idade dos troncos de árvores). E à pergunta “como se datam manuscritos?”, será uma surpresa se eles responderem que “se podia procurar pela data e estaria escrito 200 ou 300 anos antes de Cristo (sic!), assim como nos livros de hoje”. É verdade que se havia esquecido de

lhes dizer o essencial: para o conferencista, era evidente que todos os seres vivos têm, durante sua vida, uma taxa sensivelmente constante de produtos radioativos, e que o manuscrito era fabricado a partir de elementos vegetais e que, no túmulo, o cadáver é que era estudado!

A isso, é preciso acrescentar que certas apresentações de artigos, livros ou filmes científicos fazem surgir idéias falsas através de uma manipulação ou uma abusiva simplificação. Que melhor ilustração do que a que se refere à “psicologia” das plantas e que, apoiando-se em experiências, faz dizer a estas últimas o que elas não demonstram. Exemplo⁸:

Emoções próximas das emoções humanas (...)

É um americano, Cleve Backster, que abalou definitivamente a concepção do que era considerado até então como inanimado.

Antigo membro da CIA, professor da Escola de Polícia de Nova Iorque, esse técnico é um dos grandes especialistas mundiais do polígrafo, vulgarmente chamado de detector de mentiras.

Esse aparelho registra os estados emocionais dos indivíduos e torna-os legíveis através de um traçador que corre sobre uma fita de papel gráfico. Digamos, para simplificar, que o corpo e o cérebro humano contêm um potencial elétrico e que este se modifica, aumentando ou diminuindo quando o pensamento, através de um espécie de transpiração emocional, sente ou desencadeia sensações.

Medo, alegria, culpabilidade, agressividade correspondem a intensidades elétricas particulares.

Ora, essa era, em princípio, uma faculdade exclusivamente humana. Sir Chandra-Bose já havia descoberto que as plantas têm um potencial elétrico semelhante.

Backster foi o primeiro a provar que esse potencial elétrico, espécie de coração vegetal, reagia não só ao físico, mas também ao psiquismo; que ele permitia às plantas reagirem a todos os sentimentos humanos: ódio, amor, depressão e exaltação.

Partindo da observação da existência de um potencial elétrico ao nível das células vegetais, deduz-se “naturalmente” que as plantas reagem a “todos os sentimentos humanos: ódio, amor, depressão e exaltação”⁹. A maioria dos trechos dessa obra são pontuados por pesquisas descritas (apoiadas por fotografias), o que confere uma imagem de seriedade às idéias expressadas. Com esse tipo de técnica de manipulação, o autor chega a afirmar que¹⁰:

⁸ M. MONESTIER – *Sachez parler à vos plantes. Des secrets et de la musique pour avoir la “main verte”* [Saiba falar para suas plantas. Segredos e música para ter a “mão verde”], Ed. Sand et Tchou – 1983 (vendido com um disco cuja música foi composta e interpretada por R. ROGER. *Rhapsody in green*), página 27.

⁹ O raciocínio é do tipo: “uma pessoa entra num armazém com uma moeda de 10F; sai com um quilo de bananas. É a prova clara de que o dinheiro transformou-se em bananas”.

¹⁰ *Ibidem*, página 61.

As plantas e o amor

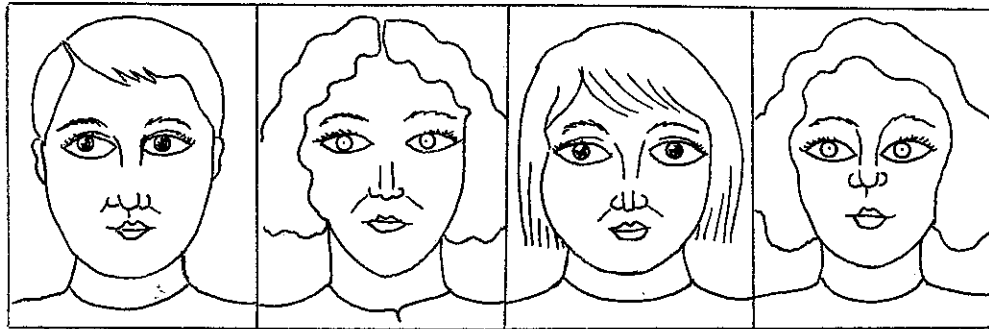
As palavras ternas que lhes são diretamente dirigidas não são o suficiente. Suas plantas são sensíveis também ao contato físico e adoram quando, em sua banheira, você acaricia suas folhas ao limpá-las.

Por outro lado, também são estimuladas em sua vitalidade pelo erotismo e os prazeres do amor. Evidentemente, não há como pensar em abraços amorosos. Não se trata de apertar suas "amigas verdes" em seu coração. Mas está comprovado que as carícias, os afagos, as comunhões de almas ligados aos transportes amorosos produzem efeitos fantásticos sobre elas. Recomenda-se, portanto, abraçar o ente querido à proximidade delas, mesmo na obscuridade mais completa. Se você pensar em suas plantas naquele momento, ainda que de passagem, proporciona-lhes uma imensa satisfação que influirá, de maneira profunda, sobre seu crescimento e bem-estar. Nem por isso você pode levar pessoas em diversões eróticas sob o pretexto de satisfazer suas protegidas! A ternura, senão o amor, é indispensável, pois corresponde a um brilho psicológico particular.

Coloque suas plantas doentes em seu dormitório, peça na qual, em princípio, os casais concretizam na maioria das vezes, pelo corpo e pensamento, uma forma feliz da existência; você as verá retomar vida e desabrochar de maneira quase milagrosa em apenas alguns dias.

Será preciso comentar isso?

Mas, sem chegar a esse nível, certas produções são apresentadas de maneira tal que se tornam totalmente erradas. Assim:



4. Os olhos de vovó

Na combinação da célula fecundada, de donde Mihajl partiu, houve uma predominância dos traços de sua mãe, porém ele tem o caráter calmo e tenaz de seu pai.

Na célula fecundada a partir da qual Nicole se desenvolverá, estão os olhos azuis e o cabelo louro do pai e o caráter alegre da mãe.

Como nas células do pai estavam cromossomos transmitidos pela mãe dele, transmitiu-os também para seus filhos. Em Ivanka é que apareceram de maneira evidente: ela tem os olhos verdes de sua avó Paulina.

11

¹¹ São muitos os exemplos desse tipo. Não se ensinou durante 50 anos as leis de Pfluger sobre os reflexos da rã antes que Gribenski, ao voltar às fontes, percebesse que elas não existiam? Não se diz em todos os manuais escolares do segundo grau que Thuret descobriu a fecundação, enquanto ele nega terminantemente a penetração do espermatozóide no óvulo e que, para ele, esse fenômeno se define por uma ação remota?

Que explicação clara para as crianças (e até para os adultos)! Vejamos o que ela subteende:

“Na célula fecundada... estão os olhos azuis e o cabelo louro do pai e o caráter alegre da mãe”; em primeiro lugar, isso reforça a idéia de preformismo, fixada em muitas crianças: os olhos e o cabelo, como os outros caracteres, estariam presentes “bem pequeninos” no ovo?

Ademais, o que significa “célula fecundada”? Voltaremos a esse aspecto no próximo capítulo.

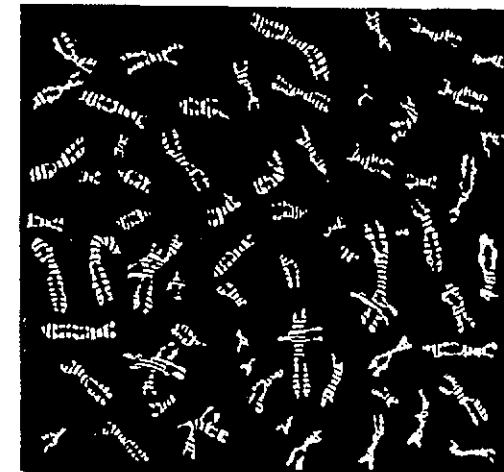
Por fim, se o caráter calmo e tenaz do pai é retransmitido, isso significa que se comporta como um fato hereditário— o que está longe de ser comprovado; mas, sobretudo, os autores confundiram o caráter (fator ligado a um gene) e o caráter comportamental (a personalidade), o que permite reforçar a falsa idéia de predominância.

Por outro lado, se o pai e, portanto, a mãe retransmitem seus cromossomos para seus filhos, pode-se pensar que o número de cromossomos irá duplicar em cada geração.

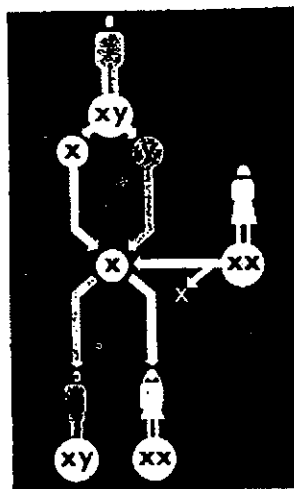
Para entender o fato de que a filha tem os olhos com a cor dos de sua vó, mas não dos de seu pai, seria preciso ter adquirido a noção de dominância, de recessividade e conhecer a maneira pela qual se expressam os genes, outros tantos elementos que não estão presentes na rede semântica dos aprendentes.

O mais surpreendente é que o autor que, com toda a evidência, tem o objetivo de fazer entender as leis de Mendel, utiliza uma forma de pensamento pré-mendeliana; com efeito, antes de 1865, raciocinava-se em termos de predominância, e a contribuição de Mendel foi precisamente a de ter permitido combater essa idéia. Não terá a pessoa que escreveu esse artigo alcançado esse nível? É interessante observar que não se trata de erros quaisquer; traduzem muito bem as concepções do autor, que continua tropeçando nos mesmos obstáculos que os aprendentes aos quais se dirige.

A ilustração que acompanha esse texto não é mais pertinente: por que apresentaram-se 78 cromossomos atípicos, enquanto o texto precisa que a espécie humana possui apenas 46 deles?



Da mesma maneira, por que essa apresentação cruzada da transmissão dos caracteres macho e fêmea, quando um simples quadro de entrada dupla, que as crianças utilizam desde as primeiras séries, teria sido mais legível, ao mesmo tempo em que se evitaria esse mofo de falocratismo?



Quando o óvulo recebe o cromossomo Y do espermatozóide, isso dá XY, isto é, um menino.

Quando o óvulo recebe o cromossomo X do espermatozóide, isso dá XX, isto é, uma menina.

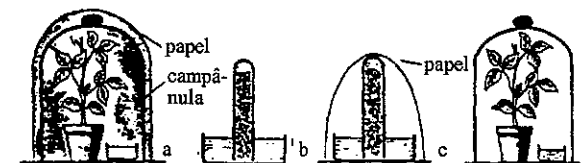
3. Algumas dificuldades levando em conta o aprendente

Tais exemplos são numerosos, mas podem parecer exagerados para muitos professores ou divulgadores de saber, que preparam conscienciosamente suas aulas ou atividades. A seriedade dos professores é inquestionável, mas, na verdade, as coisas são mais sutis; o esquecimento dos aprendentes existe, mesmo quando, às vezes, nós nos interessamos por eles, quer decidindo utilizar uma pedagogia do diálogo (aliás, voltaremos mais adiante às características dessa atividade), quer selecionando exemplos, adaptando-os especificamente (assim pensamos ao menos) em função do público ao qual nós nos dirigimos. Para tentarmos aclarar esse ponto, examinemos com mais detalhe dois exemplos escolhidos, dessa vez, no quadro do ensino¹². Consideremos primeiro uma obra destinada aos alunos de séries do 1º Grau (crianças com 9-10 anos de idade), que apresenta cada um de seus temas sob a forma de uma dupla página contendo informações, pretensamente adaptadas aos alunos, e questões que deveriam lhes permitir integrar os conhecimentos. É interessante analisar, quando se parte de um saber de adulto, o que pode ser proposto para as crianças: num primeiro momento, apresentaremos o conjunto do texto antes de analisá-lo, acrescentando-lhe algumas reações de alunos.

¹² Escolhemos esses exemplos entre uma inumerável coleção de observações do mesmo tipo, por sua clareza por um lado, e, por outro, porque se trata de proposições que atraem particularmente os professores ou que são elaboradas por docentes qualificados (no sentido usual da palavra!).

3.1. Primeiro exemplo, um manual escolar: "Porta aberta para as ciências"¹³

4 As plantas, o ar e a luz



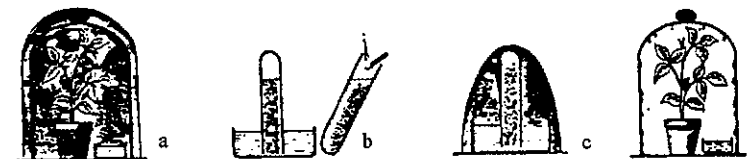
Experiência *a*: coloquemos uma planta num pote e um recipiente contendo água de cal sob uma campânula de vidro coberto com um papel escuro.

Experiência *b*: Viremos um tubo de ensaio contendo agrião sobre um recipiente contendo água gasosa e coloquemos o conjunto ao sol.

Experiência *c*: Realizemos a mesma montagem, porém cubramos o conjunto com papel escuro.

Experiência *d*: Realizemos a mesma montagem da experiência *a*, colocando, porém, o conjunto ao sol.

Algumas horas depois:



Experiência *a*: a água de cal está turva.

Experiência *b*: um gás se desprende no tubo, inflama-se na presença de um fósforo: é oxigênio.

Experiência *c*: não há gás no tubo.

Experiência *d*: a água de cal não está turva.

Você aprendeu que o gás carbônico existe no ar; que ele vem das combustões, das fermentações, da respiração, e que é formado pela união do carbono e do oxigênio. Reconhece-se a presença do gás carbônico graças à água de cal que se turva ao seu contato.

A experiência *a* nos mostra que uma planta respira, pois ela expira gás carbônico e que essa função só pode ser evidenciada na ausência da luz.

Quando uma planta está no sol, expira oxigênio (experiência *b*). Graças à clorofila contida em suas folhas, ela absorve o gás carbônico do ar, que decompõe em carbono e oxigênio. Conserva o carbono e rejeita o oxigênio. Só pode exercer essa função exposta à luz. É a função clorofiliana.

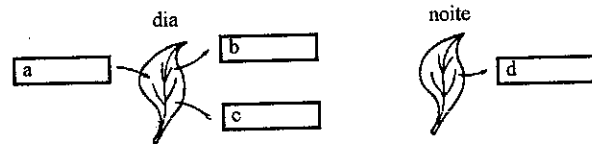
Uma planta respira dia-e-noite. A experiência *a* não mostra a presença de gás carbônico, pois a função clorofiliana esconde a respiração.

¹³ *Porte ouverte sur les sciences* – 3ª Série – 2 livros, Classiques Hachette, Paris – 1981-82, pp. 8-9. Trabalho de análise segundo G. DE VECCHI.

1 Marque a letra da resposta correta

- 1 O gás carbônico é formado por: a) carbono e hidrogênio
b) carbono e oxigênio
- 2 a) Não é saudável guardar uma planta num dormitório à noite
b) À noite, a presença de uma planta não altera o estado do ar
- 3 A função clorofiliana ocorre: a) de dia
b) de noite
- 4 Por causa da função clorofiliana, a presença de plantas verdes na natureza é a) importante
b) sem importância
- 5 Durante a função clorofiliana, as plantas conservam: a) o carbono
b) o oxigênio do gás carbônico
- 6 As plantas: a) só respiram à noite
b) respiram noite-e-dia
- 7 A função clorofiliana é: a) mais forte do que a respiração
b) menos forte do que a respiração durante o dia
- 8 Uma planta: a) pode viver sem luz
b) não pode viver sem luz

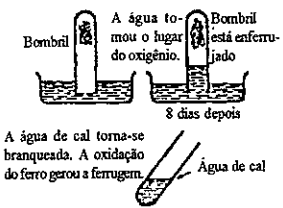
2 Completar, indicando o que a planta toma do ar e o que ela rejeita nele



Texto-base: primeira parte

No que antecede (tanto nas seqüências de trabalho do 1º fascículo como do 2º fascículo da coleção) nada do que é proposto está em relação com o que se anuncia aqui: o primeiro fascículo aborda um estudo do ar que nos cerca, tendo por eixo sua evidenciação e não sua composição (capítulo 13).

É verdade que, em média, há 0,04% de CO₂!



Abordado no capítulo 11 do fascículo 2 (ou seja, após este trabalho). Eis uma experiência que é proposta que nos permite conhecer o papel da água de cal; os autores conseguem o prodígio de não falar da existência do CO₂!

Todas as crianças "entenderam" que a ferrugem é que faz a água de cal tornar-se branca; em momento algum ela se turva na presença de CO₂ - pois o CO₂ não aparece nos resultados da experiência

Vocês aprenderam que o gás carbônico (CO₂) existe no ar, que ele vem das combustões, das fermentações, da respiração e que ele é formado pela união de carbono e do oxigênio. Confere-se a presença do gás carbônico graças à água de cal, que se turva ao seu contato.

Nada sobre esse assunto, cujo estudo, aliás, é tão complexo quanto inútil nessa série.

Nada sobre esse assunto, nem no que antecede nem no que segue.

Não é abordado em parte alguma e, em todo o caso, isso só pode corresponder a "palavras" sem sentido para a criança, a qual não possui nem os conceitos de átomo e de molécula nem o de reação química; observemos que esses elementos são timidamente abordados apenas na primeira série do colégio, e que a maioria das crianças desse nível não conseguem apropriar-se deles.

Uma importante informação é dada aqui, mas o que representa para uma criança o fato de que "a água de cal" se "turva"? (Algumas observações de alunos: "a água de cal é cálida?" "a gente pode beber?" "se turva quer dizer que não se vê mais a água".)

Texto-base; continuação

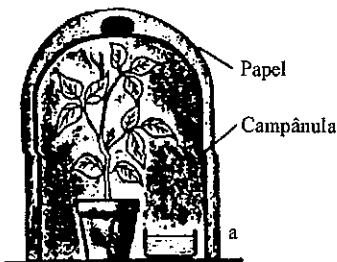
A experiência *a* nos mostra que uma planta respira, pois ela rejeita gás carbônico, e essa função só pode ser evidenciada ao abrigo da luz.

Não: a experiência *a* permite evidenciar apenas que a planta rejeita CO₂; será que, na presença de ácido, o giz “respira”?... assim como a planta na presença de escuridão? Existe uma diferença entre respirar e soltar CO₂.

Não é a experiência *a* que permite concluir isso, como o precisa o texto, mas sim, no melhor dos casos, a comparação entre as experiências *a* e *d*. Já é difícil levar as crianças a interpretarem uma experiência; então, como, a partir desse tipo de reflexão, pode-se fazer integrar as trocas gasosas respiratórias!

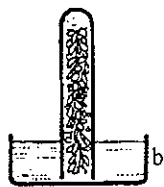
Ademais, os poucos alunos que entreviram o significado dessas experiências retiveram, todos eles, que as plantas respiravam somente à noite, apesar de uma frase do texto que afirma o contrário, mais adiante; por um lado, há uma imensa defasagem entre os conhecimentos das crianças e a estrutura de pensamento do adulto que propõe essa experiência: vários alunos não entendem como o CO₂ pôde “entrar” na água de cal se ele estava no ar: “talvez ele caia na água” ou “talvez seja atraído pela água de cal”.

Por outro lado, poder-se-ia fazer o mesmo tipo de observação para a montagem seguinte que é geralmente incompreensível (ver a página seguinte).



Experiência a: coloquemos uma planta num pote e um recipiente contendo água de cal sob uma campânula de vidro coberta com um papel escuro.

Experiência b: Viremos um tubo de ensaio contendo agrião num recipiente contendo água gasosa e coloquemos o conjunto ao sol.



Por que água “gasosa”? Não seria mais lógico para a criança que os gases coletados na experiência viessem das “pequenas bolhas” contidas na água gasosa, antes do que da “função clorofiliana” realizada por uma planta aquática?

Ainda assim, o oxigênio respirado pelos seres vivos aquáticos é dissolvido na água, enquanto, nessa experiência, o gás não se dissolve? E qual é esse gás?

“A gente não entende a experiência”

“Como a água subiu no tubo virado?”

“Por que será que a água não cai de volta?” = conceitos de Física não adquiridos (em particular, a pressão).

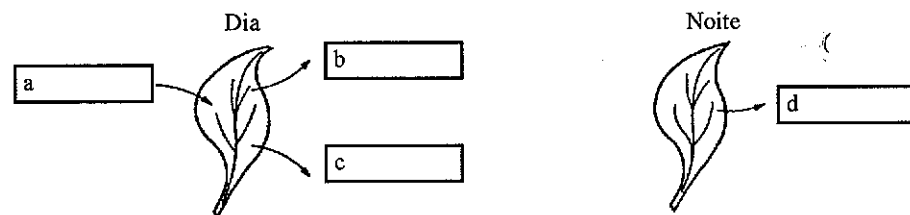
Da mesma maneira, o que pode representar a frase a seguir para um aluno de terceira ou quarta série?

Quando uma planta está ao sol, ela rejeita oxigênio (experiência b). Graças à clorofila contida em suas folhas, ela absorve o gás carbônico do ar que ela decompõe em carbono e oxigênio. Guarda o carbono e rejeita o oxigênio. Só pode exercer essa função à luz, é a função clorofiliana.

Como poderia isso corresponder a outra coisa que não a uma soma de termos “sem sentido” que não significa nada para eles? Será que basta utilizar as palavras “oxigênio”, “gás carbônico”, “carbono”, “clorofila”, “função clorofiliana”, para entender a que correspondem?

É interessante, aliás, comparar isso com a pergunta 2 feita para os alunos:

2 Completar indicando o que a planta toma do ar e que rejeita nele.



À noite, somente a respiração é realizada, isto é, obtemos uma absorção de oxigênio e uma rejeição de gás carbônico; como representar isso unicamente com uma casinha para resposta?

Alguma coisa não é absorvida?

De dia, há associação dos fenômenos de respiração e fotossíntese; ou seja, deveríamos ter duas entradas e duas saídas de gás, isto é, quatro casinhas para completar – e temos apenas 3! A menos se considerar apenas a resultante das trocas gasosas: mas, nesse caso, apenas 2 casinhas são úteis (absorção de gás carbônico e rejeição de oxigênio).

Felizmente, o fascículo fornece as respostas a essas perguntas nas últimas páginas:

DIA:	
a) gás carbônico	b) vapor d'água
NOITE:	
d) gás carbônico	

Se considerarmos que se pode incluir o vapor d'água nas trocas diurnas, ainda assim não haverá, à noite, absorção de oxigênio, bem como perda de água? Será que a transpiração da planta precisa de luz? Poderíamos pensar, aliás, que esquecemos de falar da água; será que caímos numa armadilha inteligentemente feita pelos autores? Vejamos o título do capítulo: "As plantas, o ar e a luz"; onde é que se fala em água? O título do capítulo seguinte, aliás, é: "As plantas e a água"! É verdade que, no último desenho proposto, podemos notar a presença de gotas d'água sobre a superfície interna da campânula... mas a descrição do resultado dessa experiência não menciona isso em absoluto!

Podemos também perguntar-nos se a compreensão das trocas gasosas não é suficientemente complexa, sem acrescentar-lhe a circulação da água na planta.



Experiência d: a água de cal não fica turva.

Poderíamos continuar com a análise das outras partes desse documento, mas isso não nos ensinaria nada mais.

Após todas essas críticas, poderíamos acreditar que encontraríamos um grande número de respostas falsas nos alunos. Fizemos duas turmas (crianças com 10-11 anos de idade) trabalharem esta seqüência:

Resultados

diferentes questões:	números de respostas corretas			
	1ª turma 27 alunos	%	2ª turma 24 alunos	%
I.1	24	89%	20	83%
2	25	93%	20	83%
3	15	56%	11	46%
4	21	78%	19	79%
5	24	89%	18	75%
6	3	11%	1	4%
7	14	52%	13	54%
8	13	48%	14	58%
II (2)	6	22%	5	21%

Após esses resultados, aparentemente excelentes, os professores poderiam acreditar que seus objetivos foram alcançados; as crianças teriam entendido, ao menos parcialmente, o que são a respiração e a função clorofiliana dos vegetais verdes (ao menos no que tange às trocas gasosas), pois eles souberam, em sua grande maioria, responder à maior parte das perguntas. Mas se analisarmos de mais perto as relações entre perguntas e respostas, nossa opinião poderá mudar um pouco. Só tomaremos 3 exemplos.

Pergunta 1.1:

1. O gás carbônico é formado por: a) carbono e hidrogênio
b) carbono e oxigênio

Respostas corretas: 89% e 83% respectivamente.

Uma curta discussão com os alunos nos permitiu verificar que a qualidade das respostas fornecidas não se devia nem a uma compreensão, mesmo que parcial, das noções de molécula, átomo, reação química nem ao conhecimento da fórmula química do dióxido de carbono. Com efeito, é a mera memorização da palavra "oxigênio" que fez escolher essa resposta..., visto que o termo "oxigênio" nunca foi utilizado no texto!

Pergunta 1.2:

2. a) Não é saudável guardar uma planta, à noite, num dormitório.
b) À noite, a presença de uma planta não altera o estado do ar.

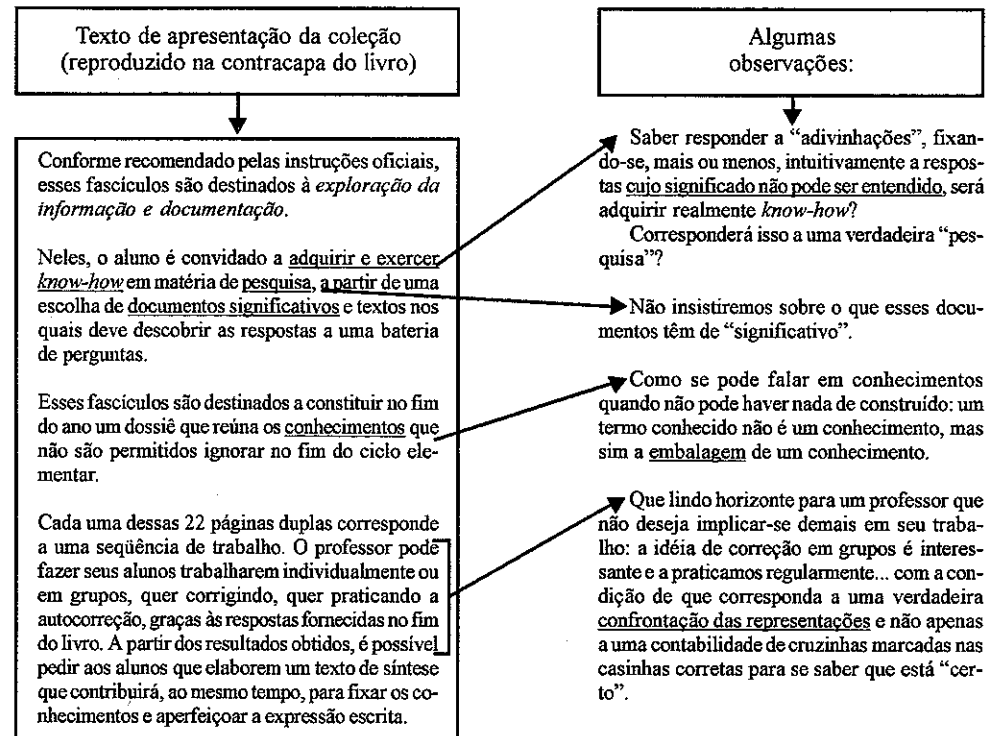
Respostas corretas: 93% e 83% respectivamente.

A proposição "a" está em relação com uma idéia muito difundida: é lógico, portanto, encontrar essa resposta na maioria das crianças; mas, durante a discussão que se seguiu, a classe tomou consciência de que um planta de tamanho médio deve rejeitar menos gás carbônico ao respirar do que uma pessoa dormindo, e que, frequentemente, duas pessoas dormem no mesmo quarto; dormir juntos seria, pois, insalubre? E o que pensar da classe de inverno¹⁴ que as crianças vivenciaram no mesmo ano e na qual 6 delas dormiam juntos no mesmo quarto?

Só ressaltamos alguns pontos de crítica referentes às duas primeiras perguntas. Desde já, porém, é fácil entrever que as concepções da ciência veiculadas por esse tipo de obra não são feitas para ajudar os aprendentes a evoluir. Qual o interesse dessa "progressão" construída pelo adulto? O que será que ela pode trazer aos alunos, cujas representações não são levadas em consideração, senão "conhecimentos-impasses" construídos sobre falsas interpretações?

¹⁴ No inverno, algumas turmas passam um período na montanha onde os alunos praticam o esqui num turno e estudam no outro.

Comparando-se as observações que fizemos com o curto texto de apresentação dessa obra (ver encarte), pode-se medir a defasagem existente entre a teoria e a realidade. Isso diz muita coisa sobre uma certa idéia do “espírito científico” do ou dos autores, e mostra sobretudo o quanto uma simplificação abusiva se torna nociva e até ridícula¹⁵, quando não se leva em conta a pessoa a quem nos dirigimos:



3.2. Segundo exemplo: Gravação de um curso de Química – crianças com 12-13 anos

Analisaremos a transcrição de um filme¹⁶ que propõe um modelo de prática de aula e deseja mostrar o que deve ser uma pedagogia da descoberta apoiada nas proposições das crianças.

¹⁵ Os manuais escolares influenciam fortemente os professores, pois representam a principal ferramenta de sua formação (muito antes das Instruções Oficiais que alguns nunca leram integralmente). Inversamente, os professores do primário e do secundário são que costumam escolher seus livros de referência. Por isso, há um “reforço recíproco”, pois a obra escolhida pelo professor é que vai formá-lo e não aquela que pudesse ser a mais válida. A prioridade sempre é dada aos manuais mais “fáceis”, às vezes os mais demagógicos. Como não reconhecer a tentação de uma obra que propõe fazer as crianças trabalharem sobre perguntas às quais elas respondem freqüentemente da maneira “correta”, sem que o professor precise intervir, se assim o desejar, e que abraça o “programa” em 22 seqüências todas prontas?

¹⁶ Filme CNDP para a formação dos docentes. P: professor; A.1, A.2, A.3: alunos.

P: Verifiquem se suas virolas estão bem fechadas, porque já as acenderam... Bem, agora, podem acender seus bicos (os alunos acendem os bicos de Bunsen); então, vão pegar a pinça de ferro sobre a mesa. Aquecem sua lâmina de cobre. Bom – um pouco mais alto –

Agora, já que é uma reação que já fizeram, alguém pode reexplicar o que aconteceu? Sim, Manuel?

A1: Quando a gente aqueceu, tem oxigênio que é... né... né... como se chama, colocado sobre a placa de cobre e porque se tornou preto por causa do calor solto pelo bico de Bunsen.

P: Se colocou... veio de onde esse oxigênio?

A1: Do ar.

P: Agora, queremos colocar o problema seguinte: temos esse pó negro que é o resultado da reação do oxigênio sobre o ...

A: Cobre (alunos respondem em coro).

P: Cobre a quente. Queremos saber como poderíamos tentar separar o oxigênio do cobre nesse óxido de cobre.

A2: A gente espera e volta para a mesma cor.

P: Mas e o pó negro que tu tens em teu prato, ele voltou para a mesma cor?

A3: Não.

P: Estou falando é do pó negro não do cobre. Eu gostaria que vocês tentassem pensar e saber se se pode separar o oxigênio do cobre.

A4: Sim, aquecendo.

P: Bem, o que podemos fazer é tentar. Poderíamos tentar aquecer o pó negro e ver se, aquecendo-o, vai separar-se (os alunos aquecem).

Após as instruções iniciais, o professor faz os alunos repetirem o que entenderam; Manuel assinala que oxigênio se colocou sobre a placa. Mas, para ele, o enegrecimento dessa placa se deve ao calor. Sua explicação é coerente em relação à sua experiência; ele sabe que quando se aquece certos corpos, se observa às vezes um enegrecimento: só fala do oxigênio para estabelecer uma ligação com o que o professor disse. Este dialoga, é verdade, mas ele tem outra visão do fenômeno: seu objetivo é fazer tomar consciência dos dois membros da reação química (no caso, Cu + O e CuO), e a seguir trazer a idéia de reversibilidade dessa reação. Assim, a seqüência começa com um *quiproquô*, proposto sob a forma de um problema totalmente artificial. O professor considera portanto como adquirido que o pó negro corresponde a óxido de cobre.

A primeira explicação proposta mostra que os alunos não conseguem penetrar o procedimento do professor. Esse traz uma argumentação para demonstrar a idéia transmitida por ele mesmo. Para ele, a placa esfriou; ora, ela continua negra. Ou seja, não ocorreu a reação inversa.

A cara dos alunos faz pensar que isso não foi entendido, mas deve-se ir em frente e o professor interroga outro aluno que continua e propõe aquecer. Assim, o professor deixa a sua marca no projeto, porém deixa seus alunos experimentar todos juntos.

P: Bem, vocês aqueceram o óxido de cobre por bastante tempo. O que é que observam?
Sim, Manuel.

A1: As paredes estão embaçadas.

P: Hé... hé... Tu sabes que tem vapor d'água em toda a parte. Tu sabes que é úmido. É vapor úmido. O importante aqui é que a gente não reencontrou o cobre ao aquecer. Podem parar de aquecer, pois já aqueceram por bastante tempo. Se a gente não achou o cobre, vocês têm alguma idéia de como podemos fazer para reencontrar o cobre? A gente poderia fazer outra coisa que não aquecer?

A5: A operação em sentido inverso.

P: Ou seja, retirar ...

A5: Retirar o aquecimento.

P: Retirar o aquecimento, isto é?

A5: ...

P: Tu queres esfriar, esfriar o quê? O óxido de cobre?

A5: Sim, o óxido de cobre

P: Mas será que esfriando o óxido de cobre isto daria o cobre? A garrafa onde ele está ali – Colocando-o na garrafa, ele dá o cobre de volta?

A5: Não.

P: A gente tinha óxido de cobre e a gente quer o cobre de volta. O que a gente deve fazer?

A6: Fazer, como antes, a experiência com uma vela.

P: Ah é.

A6: Onde ela toma o oxigênio do ar.

P: Quando ela?

A6: Queimava.

P: Queimava. Então, vocês acreditam que seja fácil colocar uma vela com esse óxido de cobre?

A6: Ah não.

P: Bem, vai ser difícil, algo que tome o oxigênio, a vela não é uma má idéia.

A experiência realizada pela classe leva o aluno A1 a observar um fenômeno “anexo”: o aparecimento de vapor úmido. Vê-se claramente que o aluno não tornou seus os problemas do professor. Este agora está com um problema ... Fornece uma explicação rápida de maneira a eliminar a observação do aluno. Isso obriga-o a precisar novamente qual é o problema (dele, professor) sob uma forma já mais compreensível para os alunos.

Finalmente, o aluno A5 avança uma proposição interessante – para o professor. O rosto deste ilumina-se... Infelizmente, o aluno sugere que se elimine o aquecimento. O professor, dessa vez, não pede que se realize a operação. Dá um argumento pouco convincente para o aluno que, bom perdedor, finge aceitá-lo.

A idéia proposta mostra que o aluno A6 faz cara boa em relação com um trabalho anterior. Ainda assim, o tempo começa a passar e o professor elimina essa proposição num passe, embora finja estar de acordo.

P: Não há algo que toma o oxigênio que a gente poderia...

A7: Uma bomba.

P: Uma bomba; será que uma bomba funcionaria aqui? A bomba poderia tomar o oxigênio, porém quando estivesse sob forma de...

A8: Ar.

P: Ar, de gás; não está sob forma de gás, vocês têm uma idéia de algo que fosse capaz de tomar oxigênio? Puxa, aquilo é complicado!

...
(Os alunos realizam uma experiência proposta pelo professor; este a faz recapitular por um aluno.)

A9: A gente colocou carvão com óxido de cobre num tubo de ensaio, tampamos a extremidade com um tubo e esse tubo desemboca num frasco cheio d'água de cal e, quando a gente aqueceu o tubo, a água de cal ficou turva, porque, acho eu ...

P: O que aconteceu?

A10: A mistura ...

P: Espera, a mistura?

A10: Evaporou.

P: Saiu de onde? Evaporou, de onde saiu?

A10: Do gás carbônico.

O professor faz a mesma coisa para a idéia seguinte. Porém, começa a perder a paciência; espera desesperadamente pela proposição de utilizar um redutor. Os alunos, é claro, estão a mil milhas disso, e os procedimentos que sugerem continuam fazendo parte de suas experiências imediatas: são muito “mecânicos”. O professor acaba, portanto, por força do programa, dando a solução: fazer uma experiência num tubo de ensaio na presença de carbono.

Os alunos realizam, pois, a experiência solicitada, mas, na discussão que segue, observa-se que a maioria deles não parece ter entendido a idéia de reativo. Ainda assim, o professor consegue, através de perguntas fechadas, fazê-los dizer que “saiu do gás carbônico”. Mas isso não fez em absoluto avançar sua compreensão. O quê, apesar do que o professor possa pensar, continua inteiro. Como podem os alunos pensar que o dióxido de carbono vem da combustão do carbono com o oxigênio que foi retirado do cobre? Ademais, o conteúdo do tubo de ensaio segue com a mesma cor negra, não encontraram o “lindo cobre” e, aliás, qual a relação entre a última experiência e o metal inicial? Onde está a reversibilidade da reação química? Para as crianças, tudo continua tão misterioso quanto no começo e não será um resumo memorizado que lhes permitirá entender a que corresponde essa reação química, nem quais suas principais características.

Em relação ao resultado alcançado, qual a diferença entre essa pedagogia da “descoberta” mal-entendida e um trabalho deste tipo¹⁷:

Produção do oxigênio:

15 – Despejemos no tubo de ensaio PYREX, 1 cm de PERMANGANATO DE POTÁSSIO e façamos a montagem ao lado.

Aqueçamos o pó e veremos que os cristais de permanganato começam a crepitar ao soltar o oxigênio (Fig. 7).

16 – Aproximemos agora da saída do tubo de ensaio um fósforo em brasa. Inflama-se novamente e arde com chama.

Podemos repetir a experiência aproximando, sucessivamente, à saída do tubo:

17 – um pedacinho de lenha de carvão em brasa;

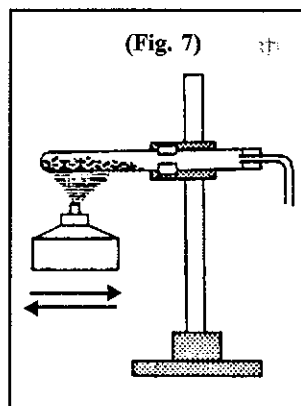
18 – a ponta de um fio de metal muito fino e previamente levado à incandescência: queimará no oxigênio com muita luz.

19 – Se após a liberação de oxigênio continuarmos aquecendo, o resíduo negro é o MANGANATO DE POTÁSSIO.

20 – Em outro tubo de ensaio cheio d’água até a metade, deixemos dissolver alguns cristais de PERMANGANATO. Obteremos uma solução vermelha.

21 – Despejemos, pouco a pouco, o MANGANATO nessa última solução: veremos que a cor vermelha torna-se verde.

22 – Deixemos repousar. O MANGANATO vai recombina-se com o oxigênio contido na solução para voltar a ser PERMANGANATO de cor vermelha.



E, desde o ponto de vista metodológico, qual a diferença entre o que precede e o que segue?

“Recolher o sangue num vasilhame onde foi colocado um pouco de vinagre. Esmagar o fígado até obter uma massa e misturá-lo ao sangue líquido. Acrescentar o caldo, o sal, as especiarias e o alho. Cozinhar em fogo muito baixo durante dez minutos, mexendo sem parar. Passar o molho e servi-lo com a ave assada no espeto, sem gordura.”¹⁸

Alguns diriam que é a mesma coisa, exceto que uma receita culinária tem ao menos a vantagem de fornecer um produto que se come! Adivinhar sem entender, manipular sem saber por quê: onde está a ciência nessas atividades e como é que o aprendente é levado em consideração?

Esses diversos exemplos podem parecer caricaturais. Ainda assim, quantos do mesmo tipo temos encontrado e ainda encontramos diariamente! Nem todos são tão

sensacionais, mas todos procedem de um mesmo estado de espírito: na verdade, não se incentiva a entender, mas sim a reter, a acreditar no sensacional, a realizar sem saber por quê.

Felizmente para os professores, os alunos são dóceis o bastante para “engolir” certas proposições ditas científicas, “regurgitá-las” na prova e esquecer-las a seguir. Pois, como as novas noções introduzidas, manifestamente, não mudaram de maneira radical a estrutura cognitiva anterior, isto é, a construção pessoal do aprendente, elas não se apresentam à mente mais do que sob a forma de obstáculos e acabam desaparecendo. Restam então as palavras científicas, de poder mágico, que deixam ao aprendente a sensação de “saber”. “Faz-se crer que se sabe porque se sabe as palavras-chaves e acredita-se saber porque se sabe designar”, disse Migne.

Evidentemente, aconselha-se aos novos professores que “se adaptem à sua audiência”. É verdade que se explica aos jornalistas principiantes que “desenvolver uma idéia é levar em conta o público ao qual se dirige”. Mas isso é rapidamente esquecido e, ainda que algumas concepções ou modos de pensar dos leitores sejam previsíveis, os 9/10 delas continuam desconhecidas pelos divulgadores do saber científico. Nenhum professor suspeitaria, por exemplo, que certos alunos ainda acham que os peixes têm pulmões para respirar¹⁹, que a criança raciocina de maneira pré-formista a respeito da fecundação, ou que o calor é um fluido. Ora, como veremos nos próximos capítulos, são muitos os exemplos desse tipo. Da mesma maneira, nenhum divulgador possui a menor idéia sobre a rede semântica (ou o quadro de referência) que os aprendentes possuem, aos quais se dirige.

As concepções pré-científicas fazem parte de nossa bagagem intelectual de aprendente; através delas é que se entende, e veremos mais adiante que elas estão na base do conhecimento e constituem uma espécie de substrato do saber. Mas, quando se quer que se transformem, podem revelar-se difíceis. Com efeito, mesmo após um longo aprendizado no campo das ciências, elas ainda nos orientam em nossa apreensão da realidade diária, e isso vale também para os próprios cientistas, quando saem de sua área de competência. Bachelard não deixara de identificar esse fenômeno que ele traduzia pelo que ele chamava de “perfil epistemológico” de cada um. Mais próximo a nós, Leprince-Ringuet confessava, com uma certa humildade, que jamais entendera perfeitamente a mecânica quântica, embora a ensinasse desde longos anos.

Está-se abrindo para nós uma pista para remediar as atuais dificuldades do saber científico. Acumulando-se uma soma de trabalhos relativos à maneira pela qual os aprendentes reagem ante diferentes abordagens do saber, acreditamos poder mostrar que é possível evidenciar alguns elementos de resposta a essas questões fundamentais no campo da aquisição dos conhecimentos: “como se aprende?” e “como poder facilitar essa aprendizagem?”

¹⁷ Chimie super-labo, Création Camelin – Robert Laffont.

¹⁸ Trata-se da receita do pato assado com molho ao inferno (!). Comissão Francesa de Educação para a Saúde.

¹⁹ Embora não usem a palavra “pulmões”, eles têm em mente representações desse tipo para explicar a função respiratória.

Parte 2

AS CONCEPÇÕES DOS APRENDENTES