

4

METODOLOGIA

As inadequações e a insatisfação parcial que nos deixam os trabalhos cognitivistas clássicos levaram-nos a definir novos quadros teóricos e promover uma metodologia original para abordar esses problemas de didática. Com efeito, os obstáculos à aprendizagem não são nem evidentes nem transparentes. Devem ser inferidos a partir dos elementos observáveis dos quais se possa dispor ou que seja eventualmente possível provocar: ações e observações dos alunos em situação, traços produzidos (formulações escritas, desenhos, esquemas), e isso em função do contexto definido pela situação vivida (escola, museu, mídia consultada em casa...); o texto a seguir tenta fazer uma síntese disso.

Essa metodologia tem como base dois momentos em interação na maioria das vezes: a informação deve primeiro ser coletada e, a seguir, tratada.

1. Coleta da informação

Durante essa fase, são três os aspectos a serem privilegiados para obter-se um conjunto de elementos confiáveis sobre os quais será possível apoiar-se: a necessidade de recorrer a uma diversidade de métodos, a construção de situações suficientemente significativas para o aprendente e a importância de momentos de observação (por exemplo, na sala de aula).

Alguns acham que as representações são evidentes, que sua descoberta pode ser imediata e que basta propor um questionário a uma classe para fazer seu inventário; essa hipótese parece-nos forte demais. As “concepções” são modelos explicativos subjacentes e não sua mera emergência; por isso, sente-se mesmo que pô-las em evidência pode não ser tão simples assim; com efeito é preciso inferi-las, na maioria das vezes, a partir de afloramentos às vezes parcelares e, às vezes, até contraditórios. Isso pode ser realizado somente com o uso de uma combinação de métodos, a única capaz de fornecer um número suficiente de informações. Assim, a utilização de uma só ferramenta didática pareceu-nos muito artificial e, em todo o caso, por demais pobre para dar conta de uma concepção precisa. Ademais, os elementos coletados nem sempre são significativos, conforme mostra um exemplo tomado de um aluno com dez anos de idade em sua

abordagem do tubo digestivo e seu papel. Em seu desenho, os alimentos vão para uma bolsa pelo intermédio de um tubo, não saem e não são transformados. No texto que acompanha o desenho, esses mesmos alimentos passam apenas “por tubos”, “transformam-se em pasta” e “são expulsos”. Assim sendo, pode-se medir o valor que possam ter conclusões emitidas a partir de uma única abordagem.

A metodologia que temos procurado promover tenta fazer surgir o que é significativo para o aprendente e não os artefatos nascidos da situação vivida ou ligados a uma dificuldade de expressão. Para estudar as concepções dos alunos e sua evolução no meio escolar, utilizamos, por exemplo, o seguinte procedimento:

Vejamos agora, em detalhe, as características desse tipo de abordagem.

Pré-teste: questionário escrito (situação que pode ser padronizada), seguido por uma breve entrevista com certas crianças para que explicitem seus textos ou desenhos, e discussão com o grupo-classe, discussão essa gravada por meio de um gravador ou uma câmera de vídeo, o que leva a delimitar melhor as concepções que emergem.

Acompanhamento do desenrolar da ação pedagógica (variável de acordo com o tipo de trabalho); voltaremos a isso.

Pós-teste retomando as preocupações levantadas no pré-teste (questionário escrito e/ou desenho).

Comparação dos dois testes (diferenças nos níveis de formulação relativos a um conceito) e entrevistas com alguns alunos, tomados isoladamente, para afinar as respostas do pós-teste, quando essas parecerem ambíguas ou particularmente interessantes.

Os questionários e as entrevistas são, na maioria das vezes, utilizados como ferramentas complementares. O questionário permite obter algumas informações para um grande número de alunos e a entrevista, mais dispendiosa em tempo, ajuda para aclarar certas explicações delicadas. As representações coletadas podem, aliás, ser fonte de problemas levantados pelas crianças e que será interessante levá-las a resolver.

O acompanhamento do trabalho dos alunos é realizado a partir de métodos centrados na evolução (ou na falta de evolução) de suas concepções. Isso consiste em testar essas representações em situação real de confronto; uma gravação da ação pedagógica (som, som-imagem) facilita a sua posterior análise.

Às vezes, uma avaliação formativa é implementada também para 2, 3 alunos ou para pequenas equipes. Nesse caso, o conjunto das atividades da aula é gravado, e observadores exteriores acompanham as ações e realizações de alguns sujeitos, relêem seus escritos (rascunhos, produções diversas) e, eventualmente, interrogam-nos imediatamente depois¹. Assim, havendo emergência de um problema, pode ser

¹ Trata-se, nesses últimos casos, de métodos muito dispendiosos em tempo, mas eles permitem distinguir, com uma maior precisão, entre as respostas anedóticas (o “qualquer coisa”, a resposta “para agradar”...), os artefatos (respostas sugeridas...) e as concepções realmente significativas. Fornecem ao mesmo tempo um certo número de elementos sobre as situações didáticas e as intervenções do professor que podem facilitar ou, ao contrário, mascarar ou desmobilizar.

realizada a análise do acompanhamento do processo de pesquisa dos alunos. Ademais, pequenos balanços parciais, materializados, por exemplo, por uma pergunta escrita proposta à totalidade dos alunos num momento oportuno, e gravações de seqüências de apresentação das pesquisas ou de estruturação dos conhecimentos, permitem que se faça um balanço sobre a evolução da apropriação de uma noção num momento dado.

De uma maneira diferente, o acompanhamento de situações de aprendizagem, e mais particularmente as observações de sala de aula, sem ser uma panacéia, correspondem a uma boa abordagem que permite desvendar um conjunto de fenômenos específicos, mais especialmente as dificuldades a serem analisadas. Também fornecem um certo número de elementos que será necessário confrontar com outros, oriundos de fontes de informações diferentes. Da mesma maneira, permitem dar um sentido, eventualmente didático, a fatos descritos pelos outros métodos.

Trata-se, no entanto, de uma técnica que não está totalmente acabada e que deve ser utilizada com múltiplas precauções. Vergnaud mostra que ela gera problemas semelhantes aos do método da entrevista clínica que, em seu tempo, os piagetianos souberam superar. Só faz sentido quando se definiu previamente o que pode ser observado, quando a problemática e as hipóteses de trabalho estão bem claras e quando se interpreta os dados coletados em função das condições didáticas que lhe deram origem. Ademais, esse método não pode ser utilizado em qualquer contexto; para os museus e certas mídias, recorremos apenas a uma comparação entre pré-teste e pós-teste.

1.1. Modo de elaboração das diferentes ferramentas utilizadas

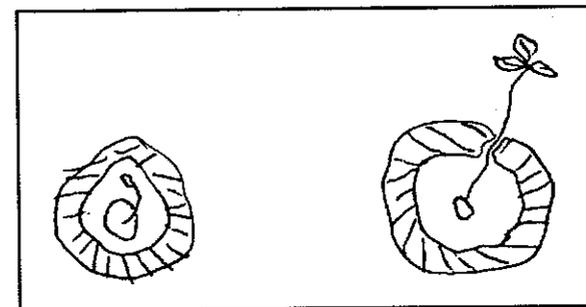
Já precisamos que, ao nosso ver, uma pesquisa desse tipo havia de recorrer, de uma maneira conjunta, ao maior número possível de ferramentas didáticas; vejamos agora como as construímos.

Os questionários escritos podem ser diretivos ou semidiretivos, de perguntas abertas, fechadas ou de múltipla escolha, e situados em momentos diferentes do processo pedagógico (pré-testes, minibalanços intermediários, pós-testes seguindo imediatamente uma atividade ou realizados um mês, três meses após o fim do estudo). É possível fazer todas as perguntas ao mesmo tempo ou progressivamente, de acordo com uma progressão previamente determinada. Podem ser feitas após uma apresentação de documentos escritos, audiovisuais, experimentais, ou seguir-se a certas observações das crianças. São feitas para a totalidade da aula, para pequenos grupos ou para crianças isoladas. A utilização de desenhos pode ser opcional ou obrigatória. Por fim, parece-nos importante não “soltar” um questionário numa classe sem criar previamente uma motivação ligada ao assunto propriamente dito ou à situação pedagógica implementada².

² “Todo raciocínio parte de uma solicitação, seja ela um choque brutal contra um poste de luz, uma pergunta de exame, ou uma armadilha elaborada pelo pesquisador”, in L. VIENNOT, *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire* [O raciocínio espontâneo em dinâmica elementar], Paris, Hermann, 1979.

Quanto à elaboração propriamente dita desses questionários escritos, analisamos a escolha do tipo de perguntas a serem feitas, a escolha das palavras e símbolos a serem utilizados, bem como a ordem na qual essas questões seriam propostas.

Na escolha do tipo de perguntas, é interessante implicar situações familiares, de maneira a ligar a construção dos conhecimentos dos aprendentes com sua prática (por exemplo: “Por que os grãos não germinam quando estão no saquinho do vendedor de grãos?”). Na maioria das vezes, quando se procura fazer emergir as concepções, as perguntas formuladas estão situadas num plano relativamente geral e trazem respostas cujo conteúdo costuma ser descritivo. Embora essas questões sejam dignas de interesse, pode-se também escolher fazer perguntas relativas à explicação de fatos ou a elementos mais pontuais; isso permite evitar que se acredite que, porque um fenômeno é descrito de maneira quase correta, ele esteja interpretado de maneira válida. Para verificar isso, fizemos frequentemente, por escrito ou oralmente, perguntas complementares. Mostremos isso com um exemplo: à pergunta “Tenta explicar tudo o que ocorre quando um grão germina”, Patrícia, 8 anos, faz o desenho seguinte:



Essa produção pode parecer bastante satisfatória. Encontra-se nela a presença de um tegumento e um germe, a abertura desse tegumento, o desenvolvimento da plântula e a diminuição do volume da parte central, como se as reservas se esgotassem... Ainda assim, eis o que uma entrevista complementar pôs à luz:

M (nós): *Tenta explicar-me como o grão pôde transformar-se como no segundo desenho?*

P (Patrícia): *Para que o grão esteja pronto para germinar, é preciso que ele tenha engolido terra úmida.*

M: *O grão tem uma boca?*

P: *Não! A água é que furou um buraco na substância.*

M: *O que é a substância?*

P: *É isso (mostrando o envelope do grão representado em seu desenho explicativo), é como uma espécie de muro de pedra que impede o grão de crescer e a água vai furar um buraco para que o grão possa sair.*

M: *Mas a substância não pertence ao grão?*

P: (hesitando) Não, está ao redor.

M: Ah! E o que é que o grão se torna quando germinou?

P: Afunda na terra porque a planta se apóia sobre ele para crescer³.

Ou seja, estando a favor das perguntas abertas, pois, entre outras coisas, elas permitem ao pesquisador não revelar suas motivações ou suas próprias representações, as respostas devem ser retomadas em muitos casos e explicitadas em detalhe.

Isso nos levou a construir nossos questionários de maneira progressiva. Eis, por exemplo, como um pré-teste pode ser elaborado. Após emitir um certo número de hipóteses sobre a possível existência de concepções prévias relativas a um conceito, pode-se propor aos alunos de uma classe um questionário muito geral, seguido de uma discussão coletiva e algumas entrevistas individuais. A análise das informações coletadas afina as hipóteses emitidas em relação com as representações subjacentes, o que permite a elaboração de um segundo questionário, contendo perguntas mais precisas; este é proposto aos mesmos aprendentes. A tomada em consideração de suas respostas pode incitar a modificar essas perguntas em função de seu real impacto; algumas até serão eliminadas. Esse novo questionário é submetido a uma outra classe. As perguntas são progressivamente afinadas até parecerem realmente pertinentes. Assim sendo, o pré-teste pode ser proposto a outras classes, o que permite obter resultados verdadeiramente significativos. Somente quando se manifesta uma certa identidade é que se pode implementar uma ação pedagógica e medir seu grau de eficácia.

Se, no quadro da elaboração de um pré-teste, é preciso eliminar certas perguntas, é porque elas revelam ocasionalmente um uso duplo e só levam a respostas estereotipadas ou podem gerar um “curto-circuito” numa etapa do processo intelectual dos aprendentes.

Por outro lado, boas reflexões infantis podem iniciar discussões orais interessantes, embora não permitam necessariamente levar a perguntas escritas pertinentes; algumas, totalmente separadas da situação vivida da qual são oriundas, não apresentam mais o mesmo interesse. Por fim, outras revelam-se por demais delicadas em sua apreensão pelos aprendentes, e estes, sentindo-se obrigados a responder, só produzem textos que apresentam pouquíssima relação com suas concepções subjacentes. Outras perguntas devem ser transformadas pois podem ser interpretadas de maneira diversa e levar a formulações “completamente feitas”. Por exemplo, “para que serve o estômago?” traz um grande número de respostas do tipo: “para viver”, “para digerir”. Esta outra formulação: “como funciona teu estômago?” revelou-se muito mais rica. Por fim, é preciso frisar que é melhor utilizar com parcimônia os questionários com itens; esses levam com muita frequência a resposta exata, entretanto respostas exatas, fundadas em argumentos falsos, que permanecem insuspeitadas pelo pesquisador.

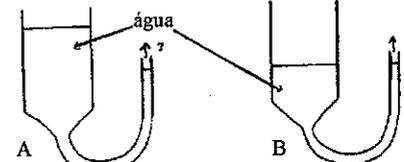
³ Observação G. DE VECCHI – crianças com 8-9 anos de idade – 1983, Tese de 3º Ciclo, Universidade de Paris VII, Paris, 1984.

A escolha das palavras também parece-nos primordial. Elas devem ser simples e precisas, de maneira a evitar qualquer ambigüidade. Certos termos podem ser adotados em função de seu significado para o aprendente, ainda que, cientificamente falando, não correspondam à escolha mais pertinente. Não se deve hesitar em utilizar certas palavras de uma maneira repetitiva, evitando-se, porém, o abuso; as formulações parecem mais claras, mais particularmente para as crianças pequenas. Às vezes, certas explicações orais podem ser dadas a título de complemento; nunca devem dizer respeito ao “fundo” da pergunta, mas sim ao significado exato de certos termos. O fato de testar as perguntas permite torná-las mais congruentes. Apresentamos algumas sob duas formas, de maneira a conservar apenas a que nos parecia a mais apropriada. Por fim, na medida do possível, os “porquês” devem ser evitados, pois favorecem por demais o finalismo, por exemplo na Biologia.

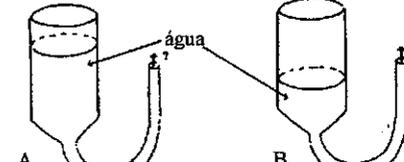
Da mesma maneira, a escolha dos símbolos deve ser feita com cuidado. Por exemplo, os esquemas ganham em serem previamente testados. Vejamos, para exemplificar isso, como elaboramos progressivamente a apresentação de uma pergunta que inclui uma montagem experimental⁴. Pediu-se aos alunos que antecipassem os resultados de uma experiência (ver quadro abaixo). Havíamos decidido não apresentar a montagem real, para obtermos um resultado imediato; construção e experimentação foram realizadas posteriormente.

“Eis 2 montagens experimentais; a água sai pelo orifício indicado pela seta? Como tu explicas isso?”

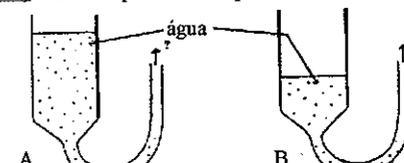
1º esquema proposto:



2º esquema proposto:



3º esquema (=proposição definitiva): “Eis o esquema de 2 experiências:



Até que altura a água pode ir nos dois tubos finos? (Para facilitar, usa uma cor). A água sai pelos 2 orifícios indicados pelas setas? Como tu explicas isso?”

⁴ Pesquisa G. DE VECCHI – diferentes turmas de crianças com 9-11 anos – 1984, Tese de 3º Ciclo, Universidade de Paris VII, Paris, 1984.

A análise dos resultados obtidos traz várias observações. O fato de ter materializado a altura da água no tubo gerou um problema para algumas crianças: elas consideraram que os níveis apresentados eram fixos, sem pensarem que podiam corresponder apenas a um estado inicial. Ou seja, o líquido não podia sair. Decidimos, para a próxima apresentação do teste, não mais apresentar a altura da água no tubo fino. Da mesma maneira, alguns alunos não perceberam que o nível d'água no tubo maior era mais alto; ou seja, sua resposta não pôde ser tomada em consideração para a abordagem do conceito de pressão. Por fim, outras crianças sentiram dificuldade para passar do esquema da folha para uma realidade tridimensional.

Levando-se em consideração essas diversas observações, foi construído e proposto aos alunos um segundo esquema. Descobrimos então que as modificações consideradas não melhoravam em nada a compreensão; por um lado, a representação da pequena abertura havia materializado, para alguns, o nível d'água no tubo fino, e, por outro lado, algumas crianças haviam interpretado a montagem como constituída por 2 tubos fechados em ambas as extremidades.

Foi elaborado um terceiro esquema; ao apresentá-lo aos alunos, ressaltamos que os 2 tubos estavam abertos e que a altura do líquido no tubo fino não fora representada. Todas as crianças consideraram, pois, os tubos como estando abertos; o nível no tubo maior foi tomado em consideração, mas o fato do pontilhado estar ausente do outro lado, ainda assim, influenciou algumas crianças. Para melhorar ainda mais o enunciado, transformamos também o texto (veja a proposição definitiva).

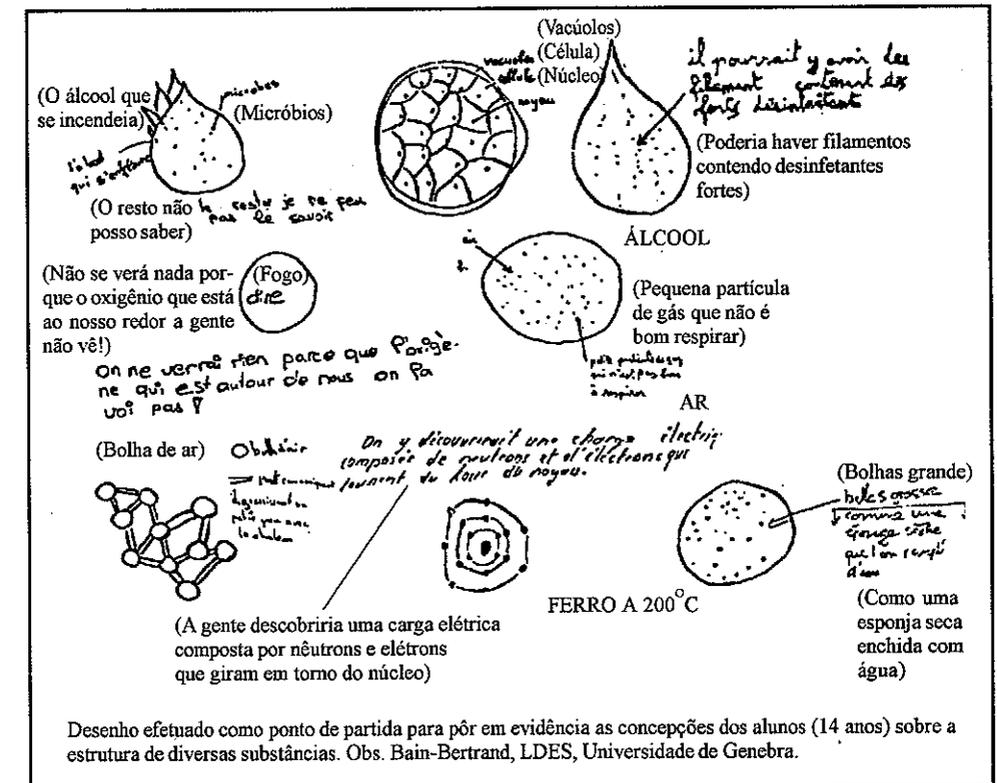
O fato de colorir o líquido favoreceu a tomada de consciência da diferença de nível existente nos dois tubos maiores; permitiu também uma melhor apreensão do problema dos pontilhados ausentes na parte direita das montagens. Essa apresentação revelou-se eficaz; foi portanto adotada.

Mas será que tudo isso é o bastante para eliminar a totalidade das preocupações "parasitas" de maneira que cada criança localize corretamente a noção a ser estudada? Não achamos; o que dizer desta observação de um aluno: "mas os tubos, como se seguram? Sozinhos?" Esse tipo de trabalho nos permitiu, mais uma vez, tomar consciência do fato de que aquilo que podia ser "evidente" para um adulto não o era necessariamente para uma criança.

Embora, na maioria das vezes, o pesquisador analise individualmente os resultados das diversas perguntas, não pode ser desprezada a escolha de sua ordem. Essa ordem deve ser determinada com rigor, não só em relação com uma abordagem que se considera lógica na construção dos conceitos, mas sobretudo separando-se claramente uma pergunta cuja influência pudesse reaparecer em outra.

A utilização de desenhos constitui uma segunda abordagem que permite descobrir as concepções dos aprendentes. É frequentemente interessante recorrer a essa ferramenta didática, em particular com os aprendentes jovens, pois esses mostram interesse por esse tipo de produção cuja linguagem é bem adaptada aos seus meios de expressão, o que faz com que seja, às vezes, muito mais acessível do que o discurso.

Um desenho de criança depende do contexto no qual foi realizado⁵. É importante, pois, frisar, ao menos no início, que se espera um desenho explicativo, para que não haja confusão com uma obra de imaginação ou criação, tais como os professores podem pedir, por exemplo, em artes plásticas. Ademais, Luquet enfatiza o fato de que, para as crianças jovens (até 7-8 anos), "uma figura explicativa não é um desenho", pois este "caracteriza-se por sua inutilidade"; cita também uma criança que diz: *Não é um desenho, é algo para explicar como se faz*⁶.



"O desenho de criança, não mais do que qualquer outro sistema de imagem, não é o reflexo da realidade sensível. Não é senão sua transcrição simbólica."⁷ À primeira vista, isso poderia representar um obstáculo para o pesquisador, mas, ao abordar-se, por exemplo, o interior de seus corpos, os aprendentes podem transmitir um grande número de informações. A criança, mesmo muito jovem, é capaz, com

⁵ D. WIDLÖCHER, *L'interprétation des dessins d'enfants* [A interpretação dos desenhos infantis], Bruxelas, Charles Dessart, 1965.

⁶ G.H. LUQUET, *Le dessin enfantin* [O desenho infantil], 1ª edição, Alcan, 1927.

⁷ M.C. DETIENNE, *Le dessin chez les enfants* [O desenho nas crianças], Paris, PUF, 1973.

efeito, de utilizar os procedimentos que vão de encontro ao realismo visual, sua preocupação “não é representar as coisas tais como são, mas sim figurá-las da maneira a torná-las mais facilmente identificáveis... Ao acumular detalhes, a despeito da verossimilhança visual, a criança, ao contrário, não acentua o realismo de seu desenho, mas aumenta o que se poderia chamar a quantidade de informações nele contidas. Quanto mais coisas um desenho quer dizer, mais interessa à criança”⁸. Ou seja, o aprendiz tem, já muito jovem, a possibilidade de “esquematizar”; representar um órgão interno não será nenhum problema para ele (fenômeno dito de “transparência” estudado por Luquet⁹). Isso deve estar ligado ao fato de que, como Wallon explica, “a criança copia pouco de acordo com a natureza, ao contrário do que ocorre, na maioria das vezes, com o adolescente”¹⁰. Parece importante, pois, incitar os aprendizes a continuar, completar, enriquecer seus desenhos, acumular detalhes, ainda que isso seja feito a despeito da semelhança visual; com efeito, acreditamos que, mesmo que a produção perca em realismo, isso aumenta a quantidade de informações colocadas à nossa disposição.

Por fim, toda a vez em que se trata de apreender o corpo, é interessante pedir aos alunos que desenhem o seu corpo, para o qual estão muito mais sensibilizados. “A consciência do esquema corporal de si mesmo estabelece-se com mais força do que a do esquema de outrem.”¹¹

As entrevistas têm, por único eixo, uma relação oral pesquisador-aprendente. A técnica empregada é semelhante ao método crítico de Piaget, sendo definida como uma “atitude experimental não totalmente padronizada, mas que procura adaptar-se a cada sujeito ao adotar, sempre que possível, seus conceitos e sua representação da situação”¹². Podem ser entrevistas semidiretivas, as quais têm algumas vantagens a mais do que os questionários: permitem, em particular para as crianças pequenas, poder expressar mais idéias; no quadro do ensino, não são consideradas como controles que, em certas aulas, são sistemáticos quando há passagem para o escrito; favorecem um intercâmbio mais livre, menos limitador, e estão mais adaptadas ao acompanhamento da criança, pois as perguntas têm uma relação direta com a evolução de seu pensamento.

As perguntas formuladas devem, sempre que possível, apresentar-se sob uma forma aberta, de maneira que as respostas não estejam diretamente relacionadas

⁸ D. WIDLÖCHER, op. cit.

⁹ G.H. LUQUET, op. Cit.

Segundo Widlöcher, “esse fenômeno dito de transparência não merece esse nome, pois o interior e o exterior é que a criança representa ao mesmo tempo sem procurar combinar logicamente essas duas representações”.

¹⁰ H. WALLON, Entretiens sur le dessin de l'enfant [Conversa sobre o desenho da criança], *Cahier du groupe Française Minkowska*, dezembro de 1963.

¹¹ C. KOHLER, L'image du monde extérieur et de sa propre personne chez l'enfant [A imagem do mundo exterior e da própria pessoa na criança], *Annales médico-psychologiques*, Lyon, fevereiro de 1965.

¹² A. COULIBALY e A. GIORDAN, in *L'élève et/ou les connaissances scientifiques* [O aluno e/ou os conhecimentos científicos], *ibid.*

com as expectativas diretas do pesquisador. Por outro lado, tratando-se de uma entrevista relativa a um trabalho realizado anteriormente pelo aprendiz implicado, o entrevistador não deve formular perguntas estereotipadas, o que lhe permite obter respostas novas pois, como o diz Vergnaud, uma ferramenta é válida “com a condição de que as tarefas e as perguntas apresentadas ao sujeito sejam relativamente inesperadas para ele e não induzam, mera e simplesmente, a lembrança de uma lição aprendida”¹³. Por fim, parece interessante formular perguntas que se combinam. Isso corresponde a um artifício técnico que permite descobrir melhor o pensamento daquele que responde.

2. Tratamento da informação

A análise da informação é um trabalho exigente; quem quiser chegar a fatos didáticos deve utilizar técnicas comprovadas e fundar-se sobre repetitividade dos eventos. No estado atual da pesquisa ligada à nossa área, é impossível satisfazer totalmente a esse princípio (o mesmo ocorre, aliás, para muitos outros ramos científicos). No entanto, estamos tentando nos aproximar dele através do confronto de certos elementos e graças à construção de algumas ferramentas específicas (indicadores, grades de análise).

As confrontações são feitas a partir das diversas fontes de informação consideradas acima, e com base em interpretações oriundas de vários analistas que trabalham sobre esses mesmos elementos. Com isso vêm-se enriquecidas; e sua confiabilidade é reforçada, quando os observadores pertencem a categorias diferentes: docentes, psicólogos, cientistas e, eventualmente, epistemólogos e historiadores das ciências...

Foram elaboradas várias ferramentas para localizar e aclarar, nos aprendizes, o aspecto repetitivo de certas concepções e das operações utilizadas, ou seja, os obstáculos que eles encontram. Trata-se, no caso, quer de simples levantamentos de indicadores que caracterizam o comportamento, as operações realizadas ou o quadro de referência utilizado, quer de grades de análise mais complexas que caracterizam esses indicadores. Essas grades de análise permitem geralmente depurar os resultados obtidos dentro de uma população de aprendizes. Para precisar o pensamento de um determinado indivíduo, porém, podem ser construídos quadros de representação, numa analogia com o estudo de caso (psicologia clínica). São elaborados a partir do agrupamento dos elementos significativos oriundos das conversas, das entrevistas e das produções escritas. Trata-se de uma interpretação, ou antes de uma meta-interpretação, oriunda de uma análise de “várias vozes”. Essas grades permitem observar detalhadamente muitos fenômenos referentes ao quadro de referência, à formulação, à explicação e às transformações possíveis desses elementos;

¹³ G. VERGNAUD, Didactique et psychologie. Problèmes et méthodes [Didática e psicologia. Problemas e métodos], *Actes des 2èmes Journées sur l'Éducation scientifique*, Chamonix, fevereiro de 1980.

não havendo evolução significativa, estaremos em presença de um obstáculo que procuraremos definir com uma maior precisão.

Por motivos práticos, parece-nos importante precisar certos aspectos ligados ao tratamento da informação.

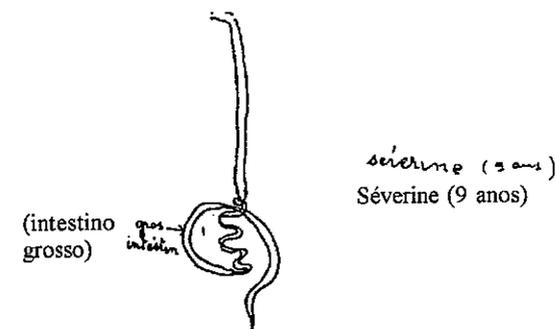
A terminologia utilizada pelos aprendentes deve às vezes ser “decodificada”. Por exemplo, à pergunta “Quando se coloca uma pitada de sal num copo cheio d’água, o sal desaparece. Não se vendo mais o sal, será que o sal ainda existe?”, certas crianças respondem que “o sal não existe mais”¹⁴.

Se as respostas são gravadas tais quais, pode-se deduzir que, para alguns, a conservação da matéria ainda não está totalmente adquirida, o que vai de encontro aos trabalhos de Piaget. No entanto, ao fazer os autores dessas respostas falarem, percebe-se que todos eles, ao falar da não-existência do sal, não querem dizer perda de existência, mas apenas desaparecimento visual. Em nossa linguagem, aliás, pode ocorrer que “desaparecer” ou “não existir mais” possam ter o mesmo significado (morrer). Essa confusão é confirmada pela observação de outra criança: “meu pai me disse que o sal desaparece, mas eu sei que ele ainda existe”. É fundamental realizar, o quanto possível, esse tipo de análise, para não tropeçar em obstáculos que levariam, inevitavelmente, a interpretações falsas¹⁵.

Certos obstáculos podem esconder os conhecimentos. Quando se trata, por exemplo, de representar por um desenho o caminho percorrido por um alimento no corpo, tanto na escola elementar quanto no colégio (inclusive na última série), encontra-se um grande percentual de alunos que não fazem sair uma parte de alimentos sob forma de dejetos; isso é visto tanto nas crianças que já estudaram o tubo digestivo como noutras.

Nesse caso também, fazendo-as falar, percebe-se claramente que a maioria não se deixa enganar, que elas vêem a ligação direta existente entre a ingestão de alimentos e a rejeição de excrementos – e até, às vezes, de urina –; mas elas “não se atrevem” ou “não sabem como dizer”.

Observemos o seguinte desenho:



O tubo digestivo torna-se cada vez mais fino para “desaparecer” ...o que faz, ao mesmo tempo, desaparecer o problema dos excrementos (representação freqüentemente encontrada). Há de se notar também que, na classe de Séverine, a personalidade da professora teve provavelmente o efeito, em muitas crianças, de “esterilizar” sua representação do tubo digestivo antes do que enriquecê-la com conhecimentos reinvestíveis; com efeito, um certo ambiente carente do natural impediu provavelmente que as crianças se expressassem com toda a espontaneidade. Não obstante isso, observamos, nas primeiras séries, certas crianças que desenhavam, “em boa fé” ao que parece, o tubo digestivo em forma de beco sem saída (*cul-de-sac*), ou até diversos órgãos sem relação entre eles; mas, a cada vez, as entrevistas mostraram que elas estavam plenamente conscientes de que “o cocô vem do que a gente come” (Muriel, 7 anos); é a relação entre tubo digestivo e excrementos que pode não estar muito clara. Nesse exemplo, percebe-se novamente que nem sempre se deve analisar as respostas no primeiro grau; aliás, tudo quanto está ligado ao corpo da criança costuma estar carregado de afetividade. Esse fenômeno é bastante geral; Jacques Lalanne escreve, por exemplo, que é difícil às vezes “distinguir o antropomorfismo, devido às pulsões profundas da criança, e as pulsões que estão simplesmente ligadas à linguagem e a sua colagem no pensamento da criança”¹⁶.

Às vezes, as informações obtidas estão ligadas ao fato de que a criança está mais preocupada em responder do que em explicar; trata-se de levar em conta o sentido profundo da pergunta. “Através de suas respostas numa situação de interrogação, a criança manifesta tanto, senão mais, sua preocupação em responder à expectativa de seu interlocutor, do que manifestar um estado de pensamento ou uma procura de compreensão. Suas respostas levam a marca da intenção que atribui ao seu destinatário ou, ao menos, pela imagem que a criança faz dele.”¹⁷

¹⁴ Estudo G. DE VECCHI, crianças com 9-10 anos, Escola Ris-Orangis, 1983.

¹⁵ Ao abordarmos esse assunto, o objetivo dessa questão não estava ligado à idéia de conservação da matéria, mas antes com a de representação do estado de dissolução; e se as respostas mais freqüentes foram “o sal se derrete” – abordamos posteriormente a diferença entre fusão e dissolução – e “o sal ainda existe” (pois que quando se prova a água, ela está salgada”), ainda assim coletamos outras afirmações bastante interessantes: “a água torna o sal cada vez mais fino, portanto ele desaparece” (Valérie R., 10 anos) – “ainda existe sim, mas a água é que o levou” (Frédérique, 9 anos) – “meu pai (químico) me disse que o sal era formado por 2 partes que se separavam na água, isso é que o faz desaparecer” (Valérie G., 9 anos) – “ainda existe sim, porque quando se coloca sal em água, ele bebe a água e fica como está” (Christophe, 10 anos).

¹⁶ J. LALANNE, *Contribution à l'étude du développement de la pensée scientifique (orientation biologique) chez les enfants de 6 à 14 ans* [Contribuição para o estudo do desenvolvimento do pensamento científico (orientação biológica) em crianças de 9 até 14 anos de idade], Tese de 3º Ciclo, Université de Bordeaux I, 1983.

¹⁷ A.N. PERRET-CLERMONT, Des conditions psychosociales d'émergence des connaissances scientifiques (du chercheur adulte à l'élève) [Das condições psicossociais de emergência dos conhecimentos científicos (desde o pesquisador adulto ao aluno)], *Actes des 1^{re} Journées Internationales sur l'Education scientifique*, Chamonix, 1983.

Ademais, pode-se, de acordo com a situação vivida, atribuir um significado diferente à pergunta feita: “Entre a criança e o adulto, o que mais difere, ao menos no primeiro nível, talvez seja o sentido da pergunta. É mais do que provável que o porquê da criança seja antes de tudo um instrumento para estabelecer um diálogo, uma relação; essa pequena expressão “por quê” é suscetível de manter o curso da conversa com o parceiro adulto, mesmo, em certos meios é capaz desencadear torrentes de palavras de sua parte: quanta eficácia! Pode ser o meio para chamar a atenção, para partilhar uma admiração, fazer uma espécie de poesia, enquanto, no adulto, remete, em princípio, à explicação de uma relação de causalidade e nesse sentido é que o adulto geralmente responderá para a criança”¹⁸. De tudo isso guardaremos, portanto, que as respostas dos alunos nem sempre são espontâneas, ingênuas e claras como alguns poderiam pensar.

Algumas observações parecem-nos tão importantes quanto a análise dos desenhos infantis. A partir dos 4-5 anos, está psicologicamente alcançado o estágio do “realismo intelectual” descrito por Luquet; caracteriza-se pela necessidade de significar a realidade através de esquemas gráficos. É necessário, porém, adotar uma certa cautela devido ao fato de que o desenho “embora não sendo uma imagem” corresponde a “um modo complexo de escrita”. Daniel Widlöcher¹⁹ precisa que, com efeito, existem diversas abordagens possíveis: “o olhar em função da materialidade dos signos, procurar em seu estilo geral a projeção de uma personalidade, conservar apenas o tema figurado ou descobrir nele o testemunho de uma atividade psíquica inconsciente no sentido freudiano do termo”. No que tange ao nosso assunto, deve ser feita uma leitura exclusivamente ligada aos conteúdos conceptuais. Não se trata portanto de apreender o efeito global provocado pelo desenho, mas antes analisar os detalhes acumulados tentando-se elucidar as relações apresentadas com o conhecimento. É interessante observar, aliás, que a acumulação dos detalhes representados cresce com a idade e não depende unicamente das aquisições novas; ou seja, é também um testemunho do desenvolvimento mental do aprendiz. Não raramente os detalhes de um desenho correspondem à marca da vida emocional; por exemplo, Marie-Claire Debieppe ressalta que as meninas desenhavam mais freqüentemente os cabelos do que os meninos, pois constituem um importante elemento delas mesmas. Ademais, o desenho não é uma imagem separada de seu contexto; é uma mensagem destinada a outrem²⁰. É elaborado em resposta a uma solicitação exterior; tendo-se consciência disso, pois, será útil incitar os aprendizes a representar o máximo de informações explicativas, o que não poderá senão enriquecer nossa análise. É preciso levar em consideração também o fato de que, conforme escreve Luquet, “quando o professor solicita certas respostas dos alunos..., na verdade ele apóia sua expectativa numa referência mais ou menos pre-

¹⁸ A.N. PERRET-CLERMONT, op. cit.

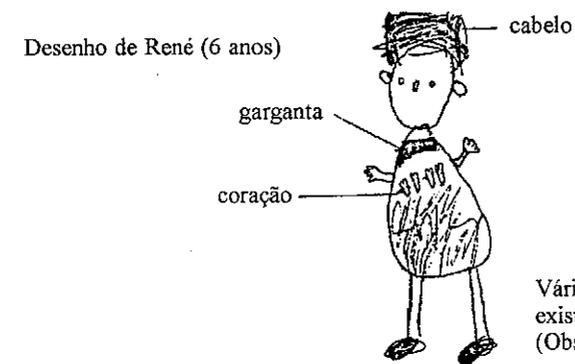
¹⁹ DE. WIDLÖCHER, op. cit.

²⁰ Idéia essa sobre a qual J. BOUTONNIER insiste in *Les dessins d'enfants* [Os desenhos infantis], Paris, Ed. Scarabée, 1953.

cisa ao corpus de conhecimentos científicos existentes sobre o objeto estudado durante a sua própria formação”. É delicado, com efeito, entender o que uma criança quis expressar quando emprega uma codificação que remete a “erros científicos”, quando a análise deve concernir a um capítulo totalmente diferente.

Num determinado momento, os desenhos correspondem a um “tipo” e esses tipos são tenazes; é interessante frisar que isso não deixa de lembrar o que ocorre nas concepções prévias. Falando sobre alunos com uma idade até avançada, Luquet escreve: “as sugestões estranhas, entre outras as que a criança tem a ocasião de receber na escola, embora possam exercer uma ação momentânea, não trazem modificações duráveis para esses tipos espontâneos. Às vezes, a modificação dada ao tipo é aceita, ao menos, para esse desenho e mesmo que não seja conservada nos desenhos seguintes, mas o desenho é completado a seguir de maneira a conciliar a inovação com a conservação do tipo; o novo abre para si um lugar ao lado do antigo sem procurar suplantá-lo. Essa conservação do antigo ao lado do novo gera uma curiosa consequência: acontece que um detalhe único no objeto real seja modificado 2 vezes no desenho, sem que seu autor sinta o menor incômodo”²¹. Por isso, quando um aluno desenha para o professor, ele adapta provisoriamente, na ocasião, os tipos dessa pessoa em vez dos seus próprios²². É freqüente encontrar diferenças expressivas entre os rascunhos e as produções finais, ao nível da representação, por exemplo, de montagens experimentais no espaço; às vezes, no corpo humano, os mesmos órgãos são reproduzidos de duas maneiras diferentes no mesmo desenho. Luquet chama esse fenômeno a “duplicidade dos tipos”.

Por todas essas razões é que acreditamos que uma simples constatação não é o suficiente, e procurar as concepções subjacentes nas produções dos aprendizes implica, num certo sentido, considerar as interpretações apenas como hipóteses que serão necessárias verificar, prevendo-se, por exemplo, uma conversa complementar com os autores de alguns desenhos. Isso pode esclarecer o pesquisador quanto a certas “codificações” que poderiam tê-lo levado a um erro, tal como o desenho de René:



Vários corações desenhados não significam que existam vários, mas sim que o coração bate. (Obs. G. DE VECCHI).

²¹ G.H. LUQUET, op. cit.

²² Fenômeno já observado por A. KERLAN e G. COTTET-EMARD in *L'enfant et son corps* [A criança e seu corpo], Besançon, CRDP, 1979.

Inversamente, no que tange mais particularmente à abordagem corporal, não se podem interpretar certos elementos ausentes ou apenas esboçados (por exemplo, um traço hesitante, órgão inacabado...) como sendo sistematicamente o resultado de um desconhecimento; Henri Wallon²³ insiste sobre o fato de que o estado emocional da criança é indissociável de sua produção. Por fim, é perigoso reter automaticamente o que emerge num momento dado, pois temos obtido, às vezes, desenhos muito diferentes realizados pelo mesmo aluno em momentos diferentes. É necessário não contentar-se com “impressões” (sobretudo quando corroboram as nossas hipóteses!).

A interpretação das conversas e das observações em sala de aula também deve ser meticulosa. Devem ser realizadas muitas conversas particulares individuais. Serão utilizadas mais especialmente para fornecer complementos de informações ou para verificar certas hipóteses interpretativas, como escrevemos antes. Ainda assim, a análise das conversas não está isenta de perigo; citemos alguns trechos do N° 108 das *Recherches pédagogiques* [Pesquisas pedagógicas] do INRP²⁴: “Existem interações, influências mútuas entre o investigador e o investigado... Piaget assinala outros dois perigos...; atribuir a tudo quanto a criança diz quer o valor máximo, quer o valor mínimo. Em outras palavras, acreditar em tudo, “engolir” tudo ou não aceitar nada como material significativo. Ao contrário, é importante situar cada resposta em seu contexto mental, o que implica um verdadeiro diagnóstico de reações individuais (recusa da criança, jogo da criança que responde qualquer coisa, resposta sugerida, etc.)... Piaget distingue 5 tipos de reações observáveis... O “qualquercoisismo” – o termo pouco elegante vem de Binet-Simon... A fabulação: a criança responde a pergunta sem pensar, inventando uma história na qual não acredita ou na qual acredita por simples atração verbal. A resposta sugerida... a criança faz um esforço para responder a pergunta, mas a pergunta é sugestiva e a criança procura apenas contentar o adulto considerado como um examinador... A crença desencadeada: quando a criança responde com reflexão, dando a resposta a partir de si mesma, sem sugestão, mas a pergunta é nova para ela... A crença espontânea: a criança não precisa raciocinar para responder a pergunta, mas pode dar uma resposta toda pronta pois já formulada ou formulável... é o fruto de uma reflexão anterior original...”

Variando as perguntas, como o sugere Piaget, é que se pode distinguir essas cinco categorias de respostas; isso, aliás, não é muito difícil pois, se as conversas forem bem conduzidas, a maioria das afirmações das crianças situam-se nas últimas duas categorias.

Quanto às observações em sala de aula, parece difícil utilizar grades de análise do tipo de Landsheere, Flanders, Postic, etc., pois elas foram elaboradas na perspectiva da avaliação da pedagogia enquanto soma de elementos adquiridos pelos alunos

²³ H. WALLON, La kinesthésie et l'image visuelle du corps propre chez l'enfant [A cinestesia e a imagem visual do próprio corpo pela criança], *Bulletin de psychologie de l'Université de Paris*, 1954.

²⁴ I.N.R.P. Activités d'éveil scientifique à l'école élémentaire [Atividades de despertar científico na escola elementar]: Ver Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique [Processos pedagógicos em iniciação física e tecnológica], *Recherches pédagogiques*, N° 108, 1980.

ou para situar as prestações do professor; isso não corresponde ao objeto almejado. Nosso objetivo fundamental deve ser o de coletar um conjunto de formulações dos alunos, de ver quais são suas representações subjacentes, qual (is) o (s) conceito (s) ao (s) qual (quais) estão ligadas, e analisar se as concepções, sucedendo-se ao longo de um tema de estudo, podem evoluir em relação a um conceito previamente definido. O estudo sistemático dos diferentes níveis de formulação e do que chamaremos mais adiante os patamares de integração é que pode permitir medir essa evolução, e os recuos é que ajudam, às vezes, a situar o (s) elemento (s) responsável (veis). Antes do que utilizar sistematicamente uma avaliação somativa (comparação pré-teste – pós-teste), revela-se muito rico seguir sem solução de continuidade o conjunto do processo dos alunos (avaliação formativa); ademais, o confronto dos resultados obtidos nas diferentes classes postas nas mesmas condições (situações padronizadas) permitem avançar um certo número de conclusões generalizáveis.

Em suma, a coleta e o tratamento da informação terão como objetivo o de pôr em evidência um certo número de elementos característicos que serão chamados de “indicadores”; estes permitirão inferir as dificuldades enfrentadas pelos aprendentes. Insistimos sobre o fato de que, nas ciências, os obstáculos não podem ser definidos de maneira direta, a partir de situações clínicas simples (estudos de casos), mas que é indispensável confrontar um certo número de dados de origens diversas. Esses confrontos de informações é que permitirão repertoriar e caracterizar os obstáculos significativos e acompanhar a evolução da construção do saber dos aprendentes.

EXEMPLO DE TIPOLOGIA DE CONCEPÇÕES

Pareceu-nos útil, para completar esta parte 2, propor um documento mais concreto, um resumo de um estudo sobre as concepções dos alunos relativas a um assunto. Vamos considerar uma área que estudamos mais particularmente, desde a escola maternal até a Universidade, o da sexualidade¹.

Para cada ponto, tentaremos elaborar uma categorização das concepções que localizamos com maior frequência. Isso permitirá fazer um balanço das idéias e estratégias cognitivas passíveis de serem encontradas ao tratar-se esse assunto em sala de aula ou durante atividades de divulgação. Certas concepções constituem um "sinal" para o divulgador ao indicar-lhe as dificuldades que o aprendente corre o risco de encontrar; por motivos de facilidade, as chamamos "obstáculos"; na verdade, como o indicávamos numa nota anterior, nem sempre são obstáculos reais para os aprendentes, pois estes podem apoiar-se neles para "dar um passo" na construção do saber. Indicam a distância que resta percorrer em relação ao saber científico esperado (que não é necessariamente o objetivo almejado, como veremos mais adiante). Ainda assim, isso constitui uma informação útil.

Gostaríamos de frisar, porém, que as imposições de uma edição livreira (livresca) (generalização, falta de espaço) ameaçam "coisificar" as concepções inferidas. Essa não é nossa meta, por isso encaminhamos os leitores interessados aos documentos internos do laboratório de Didática e Epistemologia das Ciências (painéis apresentados nas Jornadas Internacionais sobre a Educação Científica de Chamonix, gravação) que permitem evidenciar melhor o funcionamento dessas concepções e seu lugar na construção do saber.

Fizemos questão, no entanto, de apresentar este inventário para mostrar a soma de informações que um divulgador (professor ou divulgador) pode recuperar com o intuito de preparar ou ministrar seu curso. Como demonstraremos a seguir, isso configura uma etapa obrigatória, mas nem sempre suficiente, para esclarecer as decisões didáticas indispensáveis à transformação das concepções. Este capítulo

¹ Tomada em seu sentido estritamente biológico.

constitui, portanto, uma transição para o ponto essencial do ato educativo ou cultural que é, como veremos, o tratamento das concepções.

1. Quem fabrica o nenê?

1.1. Papéis do pai e da mãe

Ao contrário das gerações passadas, as crianças de hoje têm, muito cedo, idéias relativamente precisas sobre a maneira de fabricar as crianças; todas sabem que "o nenê cresce no ventre da mamãe". Às vezes, só a mãe produz, e o nenê está "encaixado" em seu ventre e sua "filha-nenê contém (ela também) seu (futuro) nenê".



Exemplo de encaixamento (Severine, 4 anos)

Mas, com uma frequência muito maior, o pai é que "dá" o nenê sob forma de esperma; o pai "põe a semente" ou "o põe numa semente" ou seja, ele depositou algo chamado "semente" ou "germe", mas também "esperma", "espermatozóide", "esfanerozóide", etc... no corpo da mãe. Frequentemente, esse elemento é introduzido pelo umbigo, ânus, boca e até ouvido².

Para as crianças muito pequenas, as intervenções do pai e da mãe na sexualidade parecem, portanto, evidentes; isso fica ainda mais nítido entre 8-10 anos. Ainda assim, será que esse nível de formulação é realmente suficiente? Acreditamos que não, pois, se olharmos essas concepções de mais perto, veremos que, até nos adultos, a função dos dois pais não está situada no mesmo plano. O pai exerce um papel ativo: "fecunda", "fornece", "dá", "traz", "coloca algo". Quanto à mãe, ela exerce

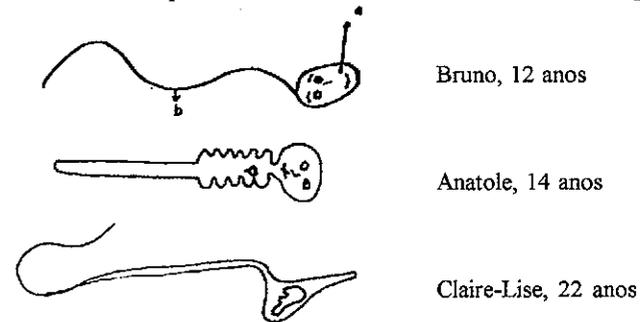
² Pesquisa A. GIORDAN, crianças com 4 anos, aula A. Jourdan, Kremlin-Bicêtre, 1981.
Estudos A. GIORDAN, alunos com 10-13 anos, aulas A. Coutant e A. Giordan, Colégio Coyxevox e Liceu Carnot, Paris, 1976-1980.
A. GIORDAN, B. CASSAN, M. NGUYEN, C. NIDEGGER, LDES, Genève, 1982-83.

essencialmente o papel passivo de incubadeira ou nutriz, “*serve de lar*” (ninho), “*desenvolve*” ou “*constrói*”, “*alimenta*” e “*põe a criança no mundo*”, mas nem sempre é feita referência ao seu aporte ovular; nesse caso, a “*semente*” é depositada em seu ventre, assim como poderia ser plantada num pote de flores para que germine. Assim, não raramente, encontram-se frases do tipo: “*o homem deve introduzir nas brânquias³ da mulher espermas que formarão a criança*”, ou “*o pai dá a criança ainda em semente e a mãe a alimenta e protege*”.

1.2. O aporte das células sexuais

A maioria das crianças tem, desde muito cedo, consciência da intervenção obrigatória da mãe e do pai na concepção do embrião (95%); o mesmo ocorre no que tange à idéia de uma ação conjunta de um elemento macho e de um elemento fêmeo (80%)⁴. Mas o conceito de reprodução parece permanecer fixo nesse nível, assim como ocorre na maioria dos adultos não biólogos, ainda que as formulações utilizem um vocabulário mais rico. Da mesma maneira, a concepção de que o nenê é o produto de uma “fecundação” e de um “desenvolvimento” já é encontrada em 80% das crianças com 10 anos de idade.

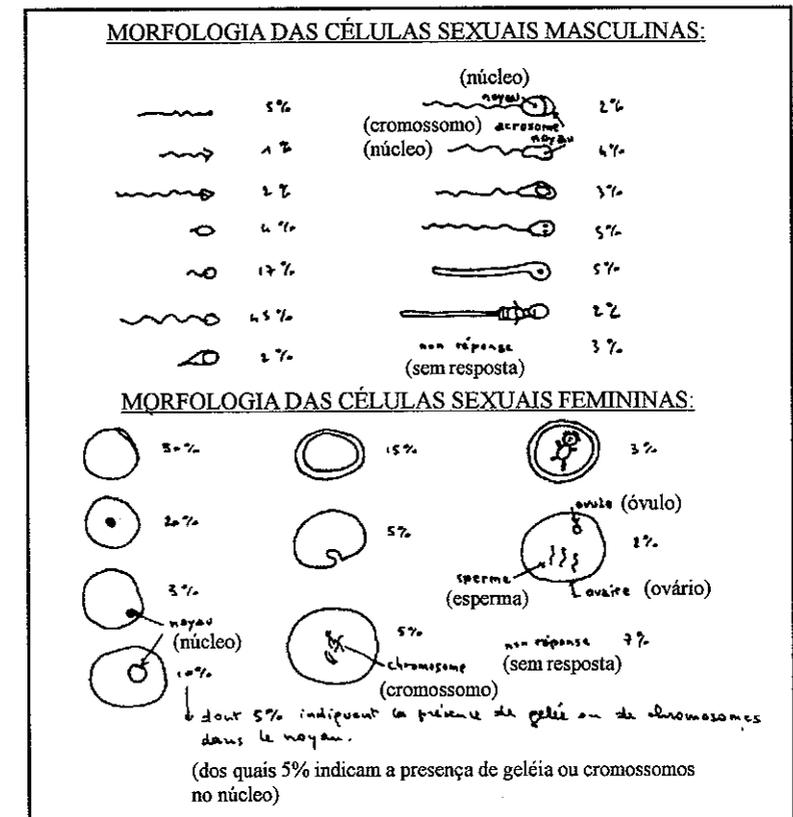
Semelhante saber pode parecer satisfatório à primeira vista. Na verdade, esconde, para muitos aprendentes, concepções erradas sobre o vivo e os mecanismos que o regem. Isso mostra que, atrás de uma mesma palavra (por exemplo, espermatozóide), não necessariamente é encontrado o significado do biólogo. Com efeito, a célula sexual masculina pode limitar-se em dar vida a algo estruturado preexistente (8%): “*o nenê está no ventre da mãe, está numa bolsa, não vive, o esperma entrou na bolsa e lhe dá vida*”, ou “*o espermatozóide encontra o óvulo na vagina, o fecunda e desaparece, é como o pólen, forma-se a criança*”. O gameta macho, ao contrário, pode trazer o germe (95%) que já contém a criança, sendo que esta última pode até estar amplamente formada, como mostram os esquemas abaixo.



³ Este termo é freqüentemente utilizado no lugar de “trompas”. (Em francês “bronches” e “trompes”)
⁴ Percentual obtido sem levar em consideração as confusões entre os termos “esperma” e “espermatozóide” (o “*esperma* é ocasionalmente o plural de *espermatozóide*”), as diversas ortografias utilizadas, ou ainda as confusões entre ovário, óvulo e ovo. Exemplos de ortografia localizados em crianças com 12-14 anos a propósito do gameta macho: espermatozóides, espuzmatozóides, esfematozóides, espermatozoários, espermatozóito, espermatozóide, etc.

O espermatozóide pode também fornecer uma “substância organizada”⁵, que vai misturar-se com outro “produto” presente no óvulo; mas esta última substância, embora apareça ocasionalmente estruturada, é amorfa na maioria das vezes. A partir dela é que se desenvolverão “*pouco a pouco os órgãos*”.

Ao analisarem-se os elementos sexuais que intervêm na fecundação, observa-se também que estes são muito variados quanto à sua estrutura; os esquemas do quadro abaixo demonstram isso.



Pesquisa realizada junto a docentes ou futuros docentes de disciplinas não-científicas.

Se, para poucos adultos, o novo indivíduo tem como única origem o elemento macho (10%) ou o elemento fêmeo (2%), não se deve acreditar que as concepções dos outros aprendentes sejam satisfatórias; seu estudo mostra que podem ter uma certa variedade e estar tão erradas: o espermatozóide pode “*receber seu alimento da*

⁵ Nesse caso, o nenê não está pré-formado, mas o espermatozóide já pode conter algo preliminar que fixa as características da criança.

mulher” ou, mais freqüentemente, “*alimentar-se do sangue das regras*” (15%); também pode “*encontrar no óvulo alimento e proteção para desenvolver-se*” (66%); por fim, às vezes, não passa de um fator desencadeante, isto é, um ativador do desenvolvimento do óvulo (3%).

Atrás dessa grande variedade de idéias, esconde-se, na verdade, um pequeno número de representações que podem até agrupar-se em torno de três princípios claramente distintos; esses são interessantes pois aproximam-se das concepções encontradas na história das ciências, mesmo com algumas modalidades um tanto diferentes.

As duas primeiras referem-se a uma mesma idéia subjacente; a criança preexiste dentro dos elementos sexuais. Mas, conforme o caso, a importância maior é conferida à mãe ou ao pai. Quando o germe for encaixado no óvulo, antes mesmo do desenvolvimento começar, qualificaremos isso de pré-formismo fêmeo. Quando o espermatozóide (ou o esperma) é que contém o futuro nenê, com o óvulo suscetível de exercer um papel acessório ligado ao alimento e à proteção, tratar-se-á de pré-formismo macho. Por fim, quando houver mistura das duas sementes e desenvolvimento do embrião a partir dessa mistura, estaremos em presença de um mecanismo de epigênese. Entre as crianças com 12-14 anos de idade, essas três concepções dividem-se da seguinte maneira:

pré-formismo macho	<ul style="list-style-type: none"> - espermatozóide (ou só esperma) - espermatozóide = germe + óvulo com papel protetor e nutridor 	10% 65%)	75%
pré-formismo fêmeo	<ul style="list-style-type: none"> - só o óvulo (contendo um embrião prévio) - óvulo contendo um embrião + ação estimuladora do espermatozóide (ou do esperma) 	2% 3%)	5%
epigênese	<ul style="list-style-type: none"> - mistura do esperma (ou espermatozóide) com o óvulo - mistura do esperma (ou espermatozóide) com o sangue das regras correspondente à “semente fêmea” 	5% 15%)	20%

Ou seja, predomina amplamente hoje a representação ligada a um pré-formismo macho; as crianças, assim como os adultos, concedem um lugar preponderante ao pai que “*coloca o germe*”. É interessante notar, no entanto, que esse germe não constitui uma criança já inteiramente formada, como se pensava nos séculos XVII e XVIII; trata-se antes de um “*esboço de embrião*”, ou até de “*informações que servirão para produzir o germe*”; o mesmo ocorre, aliás, para o pré-formismo fêmeo.

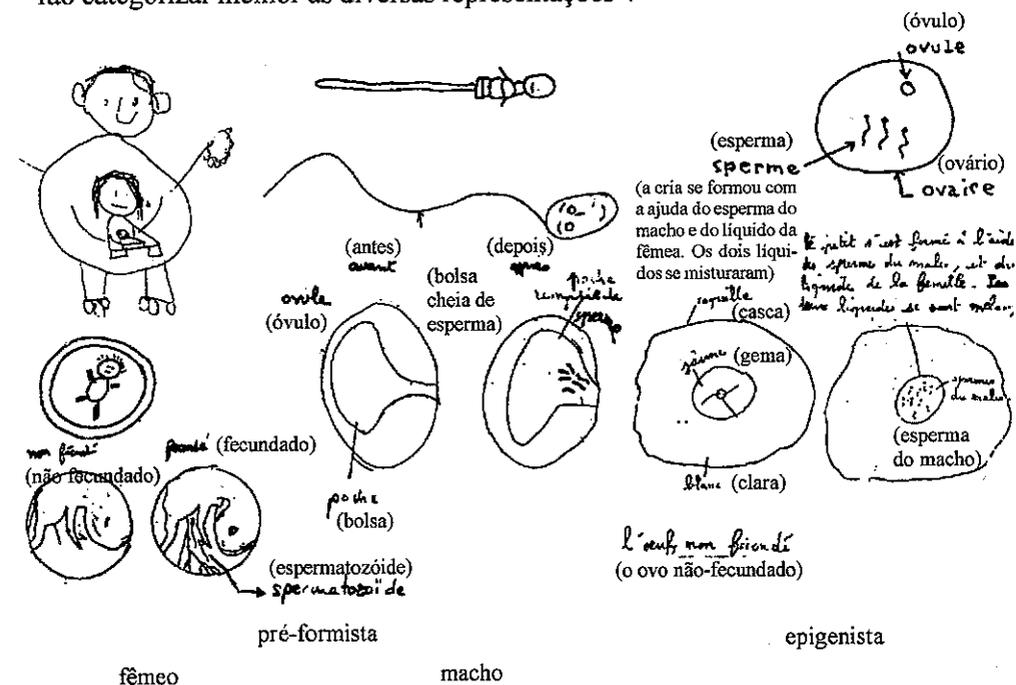
Todas essas representações referem-se à reprodução humana; pareceu-nos interessante compará-las com as que emergem ao abordarem-se outras espécies animais.

Tomemos, a título de exemplo, a fabricação do pinto. As concepções anteriormente descritas reaparecem no conjunto dos mecanismos que regem a sexualidade

dos animais superiores⁶. A repartição quantitativa, porém, parece diferente: é extremamente marcada para a espécie humana, talvez por causa do emprego, por parte dos pais e dos livros, da clássica metáfora fundada na imagem da “*sementinha*”. No que diz respeito à fabricação do pinto, os percentuais obtidos são diferentes, provavelmente devido à vivência diária, que nos põe em relação freqüente com o “*ovo*” da galinha⁷:

pré-formismo macho	50%
pré-formismo fêmeo	25%
epigênese	25%

Para ilustrar isso, escolhemos um certo número de exemplos que nos permitirão categorizar melhor as diversas representações⁸.



⁶ Em contrapartida, para explicar a sexualidade das plantas e dos animais inferiores, ainda intervêm muito os mecanismos de geração espontânea.

⁷ Biologicamente, trata-se na verdade de um “*óvulo*” (salvo exceção no caso do acoplamento prévio do animal).

⁸ A partir de B. MARTY, *Approche descriptive des représentations sous-jacentes au concept biologique de reproduction* [Abordagem descritiva das representações subjacentes do conceito biológico de reprodução], Tese de 3º Ciclo, Toulouse le Mirail 1984 (não-publicada).

Esses esquemas são muito significativos. Para os pré-formistas fêmeos, o futuro indivíduo já está contido, em miniatura ou sob forma de “marca”, no óvulo; está formado, conforme o caso, por um embrião “já constituído, porém sem vida”, ou por um simples esboço, por exemplo “um ponto branco onde está o coração”. A participação do macho pode ser nula; mas exerce às vezes um papel complementar no desenvolvimento inicial, com a formação de veias utilizadas para a nutrição e o crescimento, com a estruturação do embrião sem vida, ou ainda “dando as patas”.

Para os pré-formistas machos, o papel da fêmea limita-se ao de um receptáculo que serve de lugar de proteção e nutrição: “o esperma entra no ovo, só lhe resta alimentar-se e crescer”. O pinto pode resultar do desenvolvimento de um único gameta macho ou de vários; nesse último caso, “os espermatozoides aglomeram-se e farão a cria”. Alguns até acham que cada um estará na origem de um elemento ou órgão específico⁹.

Para os epigenistas, o germe do ovo (óvulo) é freqüentemente um líquido indiferenciado, que se conserva tal qual, mesmo após a mistura com a semente masculina. Dessa massa não-estruturada desenvolvem-se, uns após os outros, os órgãos que darão o pinto.

Para encerrarmos com essa idéia, observemos que certos aprendentes não parecem ser coerentes com eles mesmos, pois situam-se de maneira diferente conforme se trate da espécie humana ou do pinto; com efeito, podem ser pré-formistas no primeiro caso e epigenistas no segundo. É verdade que os dois tipos de reprodução (vivíparo e ovíparo) podem não ser colocados no mesmo plano por pessoas não biologists: no caso da oviparidade, a conotação fêmea é mais importante, pois prevalece o “ovo” bem conhecido, o que, conseqüentemente, reforça freqüentemente, a importância do pré-formismo fêmeo às custas das outras duas hipóteses.

2. Fecundação e desenvolvimento

Se nós nos debruçamos sobre a significação que os aprendentes dão à palavra “fecundação”, observa-se que esse termo carrega diversos significados, alguns dos quais ocasionalmente contraditórios; com efeito, podem corresponder a:

- uma ação global: “o macho fecunda a fêmea e, a seguir, a fêmea tem a possibilidade de fazer nenês, assim como um músculo permite caminhar”,
- uma indução a distância: “o espermatozoide aproxima-se do óvulo e o óvulo torna-se um nenê”,
- um encontro, um contato: “ao descer, o óvulo vai encontrar-se com um esperma”,
- uma reunião, uma união: “o óvulo e o espermatozoide reúnem-se e se juntam”,

⁹ Encontramos a mesma explicação no que tange à espécie humana; alguns alunos explicaram também que cada espermatozoide “traz uma parte da criança”.

– uma penetração: “os espermatozoides encontram-se com o óvulo nas trompas, e um deles penetra adentro, mergulha cabeça adentro”,

– uma fusão: “só um penetra no óvulo e mistura-se, o que dá uma célula”, etc.

Essa palavra fecundação esconde, portanto, concepções extremamente diferentes, o que não deixa de manter um certo número de quiproquós quando utilizada por um ensinante. Cada representação exige portanto ser explicitada e, conforme o nível de formulação desejado, certos aspectos poderão constituir-se em obstáculos.

O lugar de origem das sementes é extremamente variado entre os aprendentes. Por exemplo, os gametas machos provêm com uma certa freqüência dos testículos, mas também das “vesículas”, do epidídimo e até dos rins ou do cérebro¹⁰. Quanto aos gametas fêmeos, às vezes nascem corretamente nos ovários, mas também na vagina, nas trompas ou no corpo amarelo.

O lugar da fecundação também varia muito; pode estar situado em praticamente todos os órgãos, desde a vagina até o corpo amarelo; o ovário é o mais citado. Esses erros não levantam grandes problemas, pois é fácil corrigi-los.

Em contrapartida, o desenvolvimento do ovo constitui, para a maioria dos aprendentes, um assunto cuja abordagem apresenta reais dificuldades. Com efeito, saber que existe um “ovo” torna-se uma explicação em si; para a maioria dos alunos, essa é uma palavra que tem todas as potencialidades, em particular, a de “fazer um nenê”. Assim sendo, eles não sentem mais a necessidade de fazer-se perguntas, estão em presença de um fenômeno normal que não necessita mais ser explicado de maneira mais ampla como, por exemplo, quando se usa a palavra “gravitação” para definir a queda dos corpos. Ou seja, resume-se a: “o ovo se desenvolve... e dá um nenê”. Essa análise deve ser confrontada com a que descrevemos no capítulo anterior; certas palavras com um “ar sábio”, como “cromossomo”, “hormônio” ou “ADN”, são termos que qualificamos de “mascarantes”, pois eles dão ao aprendente a impressão de conhecer o assunto. Ora, na maioria das vezes, só correspondem a sons que não carregam nenhuma informação real; “ovo” e “fecundação” pertencem a essa categoria de palavras. O mesmo ocorre com o termo “célula”, ao qual se costuma recorrer para abordar a reprodução humana. Exemplo:

¹⁰ A confusão é gerada, ao que parece, pelo fato de que certos alunos ouviram dizer que o espermatozoide transporta informações. Isso pode parecer interessante em si, mas não deixa de introduzir outros obstáculos, conforme mostra o texto a seguir:

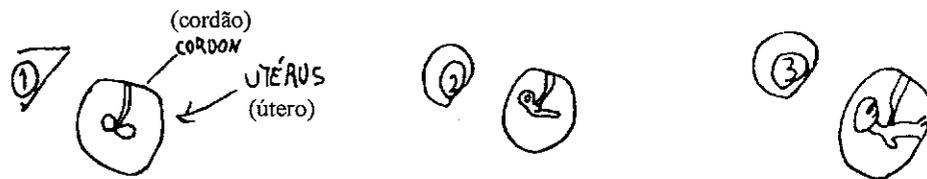
J.L.: O espermatozoide carrega uma idéia, o óvulo também.

Então, por que a gente tem olhos azuis?

J.L.: É o cérebro que transmite uma imagem... uma mensagem bem pequena... Talvez as informações passem por algo que vai agrupá-las e vai dar uma idéia geral ao cérebro de... do... nenê.

O que é esse algo?

J.L.: O óvulo e o espermatozoide... e quando se encontram... uma mensagem que se encontra com outra mensagem... dá uma mensagem grande que vai servir para formar o nenê”.

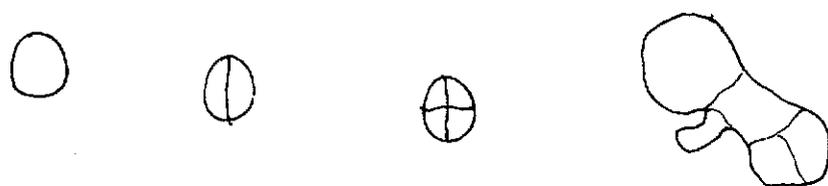


- O óvulo acaba de fazer a fecundação com o espermatozóide, se divide... faz um ovo e duas células. Aqui, dá para ver... é o desenho 1.
No meio está crescendo o cordão medical... e o nenê cresce (desenho 2); continua se dividindo, há novas células dentro... o olho, é uma célula que cresce.

Relatório após uma aula, Severine, 11 anos.

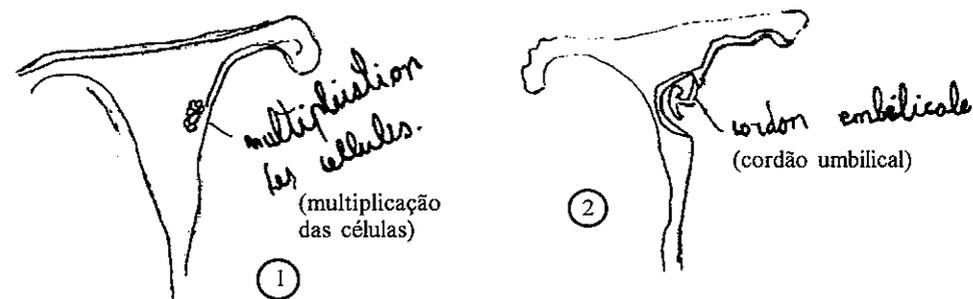
Ademais, as representações-obstáculos, induzidas pelo pré-formismo, reforçam ainda mais a atitude anteriormente descrita; os aprendentes não sentem em absoluto a necessidade de interrogar-se sobre o desenvolvimento embrionário, pois o nenê já está formado no espermatozóide ou no óvulo: "o esperma contém todos os elementos do nenê; só lhe resta crescer"; a evolução do feto corresponde apenas a um aumento de tamanho determinado pela nutrição do nenê.

Outros aprendentes ouviram falar também das primeiras divisões celulares. A partir daí podem ser adotadas duas posições. Primeiramente, o início do desenvolvimento pode formar um certo número de "partículas", e, a seguir, cada uma delas "constituirá um membro ou outro órgão da criança"¹¹. Exemplo:



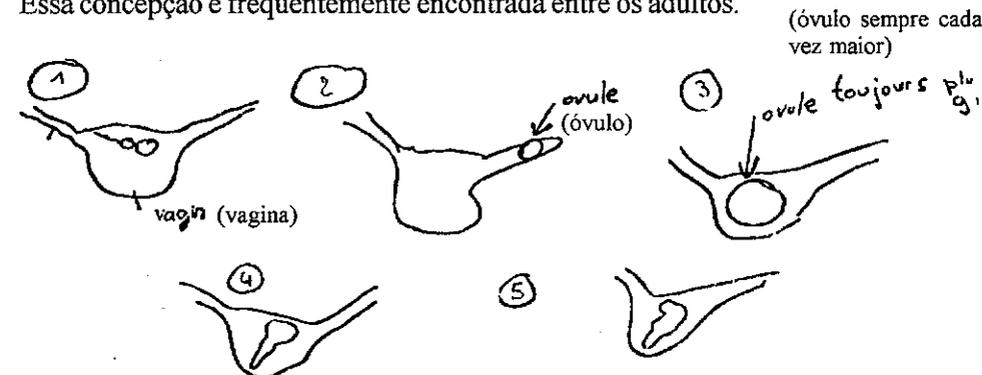
A segunda maneira de situar-se em relação a esse problema consiste em evocar essas primeiras divisões celulares, mas sem levá-las em consideração no raciocínio que segue. Exemplo: "os espermatozóides entram num trompa apenas, chegam num óvulo. O óvulo se desenvolve nos meses, um espermatozóide entra e o óvulo se divide após um período de 8 horas em 4, 8, 16. O óvulo chega no útero e 9 meses depois a criança sai pela vagina da mulher".

¹¹ Poder-se-ia pensar que ao estudar a segmentação do ovo, um aprendente portador de uma certa representação pré-formista pudesse questioná-la; na verdade, não ocorre, muito ao contrário. Se não se tiver cuidado com a maneira com a qual esse novo conhecimento é apreendido, ele será integrado à concepção prévia e até irá reforçá-la.



Relatório após estudo, Charles, 14 anos.

Mas, de qualquer maneira, a explicação mais freqüente pode ser resumida da seguinte maneira: o óvulo contenta-se em "crescer" e "molda-se para tomar a forma da criança"; ou seja, não há intervenção do fenômeno de segmentação do ovo. Essa concepção é freqüentemente encontrada entre os adultos.

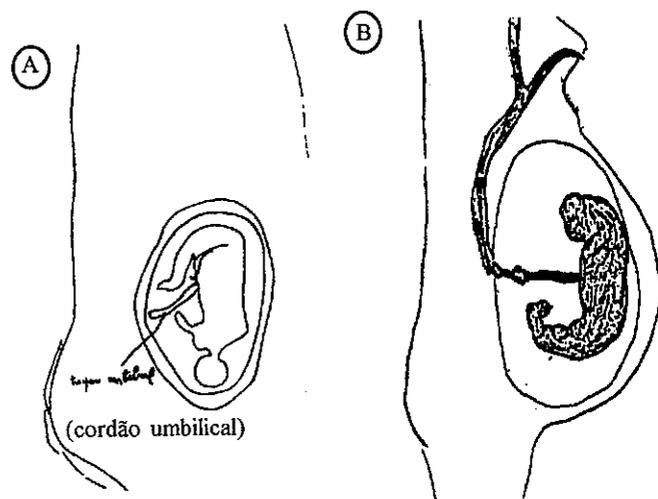


3. A Vida do embrião e do feto

O lugar do desenvolvimento também varia, com confusões, quer de vocabulário, quer nocionais; cita-se com freqüência a vagina, o útero, as trompas... mas também o ovário e o corpo amarelo.

A vida do futuro nenê põe também alguns problemas, em particular para as crianças, especialmente no que tange à nutrição e à respiração. Não raramente, o cordão umbilical possui todas as potencialidades; sua mera presença regula o conjunto dos problemas vitais; aliás, é freqüentemente designado como "cordão medical". Nesse caso, parte do feto mas não desemboca em lugar nenhum, pois a noção de placenta é pouco conhecida (ver esquema A). Outras vezes, segue em direção ao umbigo, sem que o aprendente saiba explicar por quê; certos raciocínios analógicos fazem-no também ir até o peito da mãe, onde se atribui um papel nutridor (ver

esquema B) e, se a preocupação for antes de natureza respiratória, será assimilado a um “*tubo de mergulho*”, a menos que desemboque no útero, quando este último fica aberto para o exterior para permitir uma comunicação direta com o ar.



Por fim, ao abordar-se esse assunto, não se deixa de examinar a formação dos gêmeos. Esta, após a aprendizagem, dá igualmente lugar a concepções interessantes: 20% dos alunos entenderam o mecanismo geral do fenômeno, porém costumam confundir verdadeiros e falsos gêmeos: “*os falsos gêmeos vêm de uma única célula*”; 60% acham que gêmeos são o produto da “*fecundação de um óvulo e de 2 espermatozoides*”; 20% não integraram de forma alguma a explicação ou não sabem responder a nada.

4. O ciclo da mulher

Já abordamos esse exemplo no primeiro capítulo. Lembremos apenas que os obstáculos encontrados a esse respeito são numerosos, tanto nos alunos que estudaram esse assunto em sala de aula como nos adultos com 2º grau completo. Não escapam as moças e as mulheres, das quais se poderia esperar serem mais sensibilizadas, embora o desempenho dela seja melhor. O quadro a seguir fornece uma visão global da questão.

RESPOSTAS	Alunos com 16 anos %	Ensinantes ou futuros ensinantes de disciplinas não-científicas %
A. As regras situam-se		
1. no começo do ciclo	17	50
2. na metade do ciclo	5	5
3. no fim do ciclo	8	5
4. sobrepostas em 2 ciclos	35	15
5. na totalidade do ciclo	1	—
6. fora do ciclo	—	15
7. sem resposta	34	10
B. O período de fecundidade situa-se:		
1. no começo do ciclo	10.8	20
2. na metade do ciclo	46	60
3. no fim do ciclo	10.8	15
4. sobreposto em 2 ciclos	1.5	—
5. na totalidade do ciclo	8	1
6. sem resposta	23	4

O ponto de partida do ciclo é freqüentemente mal definido; os aprendentes não integraram a convenção que o faz iniciar no primeiro dia da menstruação. Existem muitas confusões, em particular no nível das datas da ovulação (com freqüência exclusivamente no 14º dia) e do período de fecundidade (que pode estar situado no início ou no fim do ciclo¹², durante as regras¹³... e até fora do ciclo).

A menstruação limita-se, com freqüência, às perdas de sangue e a sua origem presumida revela conhecimentos errôneos (vagina, ovário, corpo amarelo, trompas). Trata-se, na maioria das vezes do sangue” acumulado para alimentar o bebê” e “se não há um bebê, então elas correm”. As regras, aliás, podem constituir, com o útero, uma espécie de “berço” que protege e alimenta o embrião; o óvulo, via de regra, é evacuado ao mesmo tempo que elas, quando não houve fecundação.

As pesquisas realizadas sobre a sexualidade permitiram-nos elaborar um inventário das diversas concepções encontradas; estas permitem constituir uma espécie de “catálogo” das representações a esse respeito. Seria perigoso acreditar, porém, que todas essas têm o mesmo estatuto; algumas afirmações falsas, como o mostraremos mais adiante, são facilmente corrigidas através de algumas explica-

¹² “No fim do ciclo, o óvulo está melhor preparado.”

¹³ Certas crianças pensam que o bebê é o produto do esperma e das regras. Não é que alguns Gregos antigos diziam a mesma coisa!

ções rápidas; é o caso, por exemplo, dos órgãos onde ocorrem a fecundação e o desenvolvimento do embrião. Em contrapartida, outras representações, como as referentes à origem do bebê ou aos elementos transmitidos durante a fecundação, são muito mais persistentes e convém conceder-lhes uma importância educativa totalmente diferente, pois esses conhecimentos estão ligados a alguns grandes conceitos biológicos.

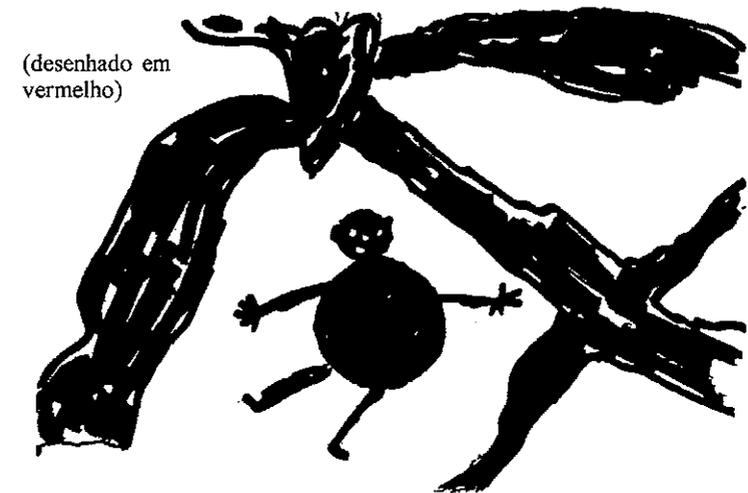
Pode-se também tomar consciência, durante uma revisão assim, do simplismo que seria contentar-se com as formulações dos aprendentes; o fato de afirmar que há encontro de um elemento macho com um elemento fêmeo pode fazer pensar que essa área do saber foi dominada, quando muitos pontos estão imprecisos e, na maioria das vezes, não são entendidos. Atrás das palavras dos aprendentes estão escondidas concepções muito específicas, freqüentemente muito distantes dos conceitos científicos. Da mesma maneira, certos fracassos na formulação de uma idéia podem proceder do não-domínio de outros conceitos indispensáveis à compreensão do assunto estudado. Paralelamente a essa categorização das concepções, torna-se portanto necessário um trabalho de análise dos obstáculos. Esse trabalho de análise deve permitir conhecer as reais perguntas feitas pelos aprendentes, os elementos que definem seus quadros de referência (por exemplo, o que é que está vivo? Quando começa a vida? etc.) e o nível de formulação dos conceitos úteis para conseguir integrar o assunto abordado (célula, transmissão da informação genética...).

Por fim, paralelamente a esses estudos, deveriam também ser considerados trabalhos referentes às operações mentais e aos bloqueios afetivos dos aprendentes, pois esses dois aspectos também podem representar obstáculos prévios. Não os desenvolveremos aqui, mas fazemos questão de mencioná-los, pois estão constantemente presentes no modo de pensamento dos alunos. Isso ocorre, por exemplo, com o raciocínio por analogia ao qual as crianças conferem um estatuto de quase-certeza: "a mãe está com nenê na barriga"¹⁴ induz freqüentemente "a pomba carrega seus filhos"; da mesma maneira, "o macho fabrica espermatozóides" leva a pensar que "há espermatozóides fêmeos no óvulo" (é verdade que Buffon os procurou... e encontrou!). Outros erros resultam da maneira com a qual os resultados de uma pesquisa são interpretados: uma única experiência, que corresponde ao que se deseja alcançar, permite uma generalização das mais amplas; quando um raciocínio está fundado sobre o estudo de dois parâmetros A e B, demonstrando-se que B não tem influência, A será automaticamente responsável pelo fenômeno, etc.

Quanto aos obstáculos do tipo afetivo, eles ainda são ainda mais densos; citaremos, como exemplo, esse aluno que não conseguiu construir nenhum saber a respeito da reprodução humana; eis o que ele escrevia antes da aula, a respeito dos papéis do pai e da mãe na fabricação do bebê: "a mãe padece quando o homem enfia o tico no buraco da frente, isto é, a xoxota, e o pai enfia o tico e coloca o espermatozóide ao redor do óvulo". Após a aula, à mesma pergunta, suas palavras

¹⁴ Jogo de palavras devido à confusão entre "enceinte" [grávida] e "en sainte" (em santa) (N.D.T.). A frase em francês é: "la mamam est en sainte du bébé."

não evoluíram em absoluto: "o pai enfia e a mãe padece abrindo as pernas"; uma conversa posterior confirmou esse bloqueio. Para esse aluno, com efeito, o que foi dito na sala de aula não foi tomado em consideração; seu problema era totalmente diferente, como sugere o desenho que ele produziu na aula:



Assim, revela-se indispensável levar em consideração o aprendente. Esforçaremos-nos, nos próximos capítulos, em mostrar que isso pode ser realizado.

Parte 3

**CONCEPÇÕES, UMA FERRAMENTA DE
INTEGRAÇÃO E DECISÃO**

ESTADO DAS IDÉIAS SOBRE A CONCEPTUALIZAÇÃO DO PONTO DE VISTA DIDÁTICO

1. Necessidade de estudos específicos

Chegou a hora de entrar no âmago do assunto; a questão fundamental, parece-nos, dever ser formulada nestes termos: como pode o aprendente apropriar-se do saber científico? Não há dúvida de que o conhecimento das “concepções” ou dos “constructos” dos aprendentes nos parecem ser uma etapa nesse caminho. Porém, ela é limitada; trata-se agora de saber o que pode ser feito com esses constructos. Como enriquecê-los, deslocá-los, transformá-los? Qual o papel dos professores, dos diversos difusores de saberes, bem como dos meios apropriados?

O eixo de nosso estudo não está nos mecanismos profundos que regem as aprendizagens; a rigor, esses nos interessam mesmo somente quando há um bloqueio na integração dos conhecimentos. Como dizíamos, na introdução, nosso projeto é o de praticantes engajados, quer numa instituição formal (a escola), quer em ligação com aportes complementares (mídias, museus...). Nossa real preocupação, na verdade, consiste em tentar delimitar o que facilita essa aprendizagem, isto é, as condições nas quais parece interessante “mergulhar” um aprendente, as informações que podem ser-lhe fornecidas no conjunto dos registros possíveis (aulas, livros, experimentações, intervenções a pedido seu, etc.) e as ajudas didáticas – com os elementos de transposição – sobre os quais o divulgador pode apoiar-se (esquemas, analogias, metáforas, modelos, simbolismos...).

Os diversos estudos empreendidos e que esquematizamos nas duas primeiras partes levam-nos a pensar que essas escolhas didáticas não podem ser feitas *a priori*, em particular sem preocupar-se com quem aprende e com as interações estabelecidas com o saber científico. É preciso levar em consideração as concepções das crianças, dos adolescentes e até dos adultos engajados num processo de apropriação de conhecimentos. Essa é também a conclusão à qual chegam a maioria das pesquisas em didática das ciências e até, hoje em dia, certos trabalhos realizados em outras disciplinas¹. O consen-

¹ Ver: os trabalhos de A. Petit, Albertini e Siem em didática da economia; os trabalhos de Brun, Conne, em didática da matemática; os trabalhos de Bronckart em didática do francês.

so atual, já dissemos, é que a criança não é uma “página em branco” sobre a qual se pode imprimir um saber; ela possui concepções e a evolução destas é que constituirá um nível de conhecimento cada vez mais operatório e próximo do saber científico.

Isso implica ações educativas ou culturais que levem em consideração as representações, com o intuito de transformá-las para, no fim, levar a constructos mais próximos da realidade e de melhor desempenho na resolução de futuros problemas.

Infelizmente, esse não é o estado das coisas na maioria dos sistemas educacionais que existem mundo afora. A posição mais comum consiste sempre em transpor as idéias de Condillac, na maioria das vezes, devido ao desconhecimento dos recentes trabalhos em didática, mas também à ausência de formação dos divulgadores. Donde a importância diária conferida às aulas magistrais, bem como a formas de aparência mais abertas, tais como a exposição ilustrada por diapositivos e experiências, ou ainda certas pedagogias dialogadas que são, com frequência, igualmente dogmáticas².

Alguns formadores, em particular nos meios docentes, começam a tomar consciência da existência das representações prévias, mas isso não gera necessariamente uma mudança em sua prática. Vários parâmetros levam-nos a essa escolha oposta, por exemplo quando, embora considerem que as concepções possam existir, acreditam tratar-se apenas de um fenômeno parasitário. Parece-lhes que o aluno expressa uma espécie de “não importa quismo” “qualquer-coisismo” ou de saber paralelo, e o que ele diz não traduz, a não ser de maneira confusa, seu pensamento; trata-se de um “puro verbalismo”, como já dizia, no fim do século XIX, Cramausse. E, de qualquer maneira, esse saber não tem por que ser tomado em consideração, pois é exterior ao conhecimento e porque “naturalmente a lógica adulta substituir-se-á a essa incoerência”³.

Outros professores dizem ser extremamente difícil tomar em consideração essas concepções, pois elas são por demais diversas e ameaçam levar a aula em múltiplas direções. Ademais, isso supõe uma certa individualização do ensino, à qual opõem-se turmas por demais numerosas e mal equipadas. Sendo assim, é melhor fazer tábua rasa dessas representações simplistas e apresentar novos conhecimentos seguros, sem relação alguma com todas essas aproximações.

Outros afirmam ainda que, perante os “programas demenciais”, nada pode ser feito; e depois, o “exame está esperando” e só pedir-se-á ao candidato saberes pontuais ou exercícios para cuja realização deverá ter treinado.

A essas idéias, propostas por motivos diversos pelos defensores de uma certa pedagogia tradicional⁴, é que opomos a hipótese de que as concepções são os pri-

² Consultar: A. GIORDAN, *Une pédagogie pour les sciences expérimentales* [Uma pedagogia para as ciências experimentais], Centurion, Paris, 1978.

³ CRAMAUSSEL, *Le premier éveil intellectuel de l'enfant* [O primeiro despertar intelectual da criança], Alcan, 1911.

⁴ Isso não significa que tudo deva ser rejeitado nas pedagogias tradicionais; mostraremos a seguir que certas práticas podem ser restituídas. Porém, métodos que tiveram sucesso numa época, para um tipo dado de população, não podem ser generalizados de maneira sistemático. Os aprendentes mudaram, as ciências progrediram a passo de gigante, gerando um desenvolvimento cada vez mais rápido e, sobretudo, não é mais preconizado o mesmo estado de espírito. A educação em seu sentido amplo não pode mais limitar-se a um rendimento de 10%, rendimento esse, aliás, obtido indiretamente pela implementação de métodos individuais de abordagem, ou seja, independentes da escola.

meiros laços que o aprendente pode ter com os novos conhecimentos que procuramos fazê-lo adquirir, pois elas estão na origem da grade de leitura que utiliza para conhecer seu ambiente. E, afinal de contas, esse modelo pessoal que tratamos de fazer evoluir.

Ora, se as representações iniciais forem apenas rejeitadas, o sujeito adquirirá somente a ilusão de saber, um saber puramente artificial, uma logomaquia e/ou a possibilidade de aplicar receitas estereotipadas; e as velhas concepções ressurgirão na primeira oportunidade um tanto incomum. Devemos portanto ligar os constructos infantis ou adultos com os “modelos” da ciência, se almejarmos a sua integração, e ver claramente que o trabalho que pode ser feito a esse respeito, nas condições escolares e ainda mais numa situação informal, corresponde a um caminho lento e difícil, que só pode ter conseqüências a longo prazo⁵.

Assim sendo, existem nessa área dois objetivos conjunturais. Trata-se de participar aos divulgadores a importância das concepções para sua prática e convencê-los a esse respeito; mas é preciso, ao mesmo tempo, continuar com a pesquisa nessa direção. Tomar em conta os constructos dos aprendentes pode constituir um primeiro patamar para evitar grandes dificuldades; nossos trabalhos mostram a necessidade de ir mais adiante, em particular estudando-se como se transformam e o que isso gera como atitudes para os formadores.

Com efeito, pode-se observar hoje, no que tange à tomada em conta das representações na atividade pedagógica, que a opção dominante que funciona em quem se interessa por esse problema consiste em dizer que basta fazer expressar as concepções para conhecê-las e fazer discuti-las a fim de ultrapassá-las. Acessoriamente, inspirado por um conhecimento exato das representações dos aprendentes, ao mesmo tempo individualmente e no nível do grupo-aulico, o professor pode adaptar sua ação no quadro de uma estratégia global, tanto no plano das finalidades como no dos processos, e escolher as atividades educativas que ele considera como sendo as mais adaptadas. Alguns chegam até a construir um curso completo, um módulo de ensino ou até um currículo em torno das representações.

Essa concepção, que nós preconizáramos nos anos 70, parece-nos hoje por demais limitada e impregnada de empirismo. Parece útil, em particular para sugerir hipóteses pedagógicas, mas seria necessário implementar pesquisas adaptadas para tentar corroborá-las. A segunda opção, a que desejamos promover, procura prioritariamente interrogar-se sobre os modos de interferir com os constructos, considerando-se de início as condições de sua retificação. Pois, se a ação pedagógica

⁵ Ademais, a atual concepção da divulgação do saber funciona como se o aprendente estivesse totalmente disponível, perfeitamente virgem e totalmente disposto a aceitar o novo modelo, que ele poderia construir de saída. Infelizmente, como o mostramos, o saber não pode ser nem “dito” nem “dado”, e deve ser construído por apropriação, o que requer um certo número de processos. Pois, caso contrário, como explicar que a ciência, proposta nas aulas e nos manuais tão finamente estruturados, não faça explodir essas concepções prévias e não imponha de início uma nova formulação? Com efeito, obstáculos surgem em diversos níveis, e esses últimos é que desejamos precisar para tentar superá-los.

tem as concepções como ponto de partida, não se pode parar aí e as estratégias pedagógicas a serem implementadas não são das mais evidentes. É preciso elaborar modelos didáticos de intervenção que, é claro, devem necessariamente situar-se no ponto de convergência dos constructos, mas que também levem em conta as condições práticas nas quais essa ação educativa poderá ser realizada.

2. Será que as concepções correspondem a meios de conhecer ou a obstáculos a serem vencidos?

Interessar-se pelas condições de evolução das representações não é uma idéia totalmente nova. Esse ponto foi ocasionalmente levantado por alguns⁶, mas de maneira muito sucinta e essencialmente sob a forma de “receitas”; foi raramente o objeto de “modelos de intervenções”. Apesar disso, podem-se detectar duas grandes orientações subjacentes a essas posições.

Uma primeira opção consiste em utilizar as concepções como um “modo de conhecer”. Nesse contexto, o professor cria uma situação de partida, mais ou menos incitadora, com o propósito de fazer expressar as idéias dos alunos. A seguir, quer através de um trabalho de grupo, quer com toda a aula, faz com que as diversas representações se encontrem e confrontem. Isso gera debates que levam os alunos a tomar um recuo em relação às suas próprias concepções e a propor idéias cada vez mais elaboradas.

Trata-se de uma posição que temos defendido e que ainda conserva uma certa atratividade, em particular junto a correntes humanistas ou não-intervencionistas. Opõe-se, de maneira muito clara, é verdade, às práticas tradicionais, essencialmente no fato de que o professor centra-se unicamente no aprendiz. Ademais, ela evita qualquer condicionamento, notadamente ao deixar o aluno livre de funcionar na plenitude de suas “possibilidades orgânicas”, rumo a “saberes significantes”⁷. Essa posição valoriza também uma interdependência suscetível de existir entre o desenvolvimento do aprendiz e certas condições necessárias, implementadas pelo professor e que exercem um papel de facilitador “autêntico e congruo” (atividade de resolução de problema, clima de confiança...).

Tal pedagogia, que ultrapassa amplamente o mero aspecto terapêutico, tem suas virtudes. É mais particularmente útil no plano da iniciação científica, tanto com crianças pequenas como adultos. Constitui até uma fase indispensável para combater certas inibições. Restaura e estimula a curiosidade, fortalece a confiança em si, desenvolve a comunicação e encoraja o aprendiz a escolher, em função de seus interesses, um certo número de objetivos a serem alcançados e outras tantas finalidades não abordadas pelas pedagogias tradicionais.

⁶ Só podemos mencionar, a esse respeito, textos exteriores à área da didática das ciências; trata-se, quer de confrontações oriundas da formação permanente, como as propostas pela revista *Pour* N° 58, quer de trabalhos de sociologia, como os de Massonat.

⁷ ROGERS, *Freedom to learn* [Liberdade para aprender], 1969.

No que tange à construção do saber, porém, essa abordagem revela muito rapidamente seus limites ao não permitir, sozinha, uma real superação das concepções prévias; isso se manifesta mais particularmente no nível da aquisição dos conhecimentos básicos, pois estes não só não correspondem apenas a um questionamento, como também exigem uma reinterpretação dos dados iniciais. Explica-se isso pelo fato de que essa pedagogia pressupõe a existência de uma continuidade entre o conhecimento da realidade familiar e o conhecimento científico, e que se pode passar de um a outro sem ruptura nem corte. Não haveria distinção entre o objeto de conhecimento e o objeto real, pois o saber traduzir-se-ia diretamente em termos de ação sobre o real, por estar havendo uma correspondência, termo a termo, entre uma representação e um conceito, ou, globalmente, entre representações mais ou menos sistematicamente organizadas e uma rede conceptual. O “concreto” corresponderia a um elemento do qual seria possível ter um conhecimento direto; ficaria possível portanto expressar um conceito científico numa linguagem não-científica, sem transformá-lo ou fazer-lhe perder sua especificidade.

Outros tantos elementos que, após análise, revelam-se válidos apenas para aspectos muito restritos. Ademais, o uso mostra que, se essa pedagogia for praticada sozinha, aparecerão certas imposições; isso apresenta em particular o risco de reforçar as concepções iniciais dos aprendentes. Uma representação individual pode até se fortalecer dentro de uma sala de aula; na medida em que o aprendiz perceber que pensa a mesma coisa que alguns de seus colegas, essa idéia comum pode ver-se reforçada; e será tanto mais difícil desistir dela para ter acesso a outro tipo de saber. Ocorre o mesmo para uma concepção pouco elaborada que, uma vez emitida e defendida com talento por seu autor, vai poder incrustar-se e “parasitar” outros alunos.

Para resumir, podemos acrescentar que, embora essa pedagogia possa trazer alguns elementos iniciáticos, ela permanece limitada por estar construída sobre uma concepção errônea do conhecimento científico. Considerar as representações como uma etapa em direção aos conceitos (falando assim em representações pré-científicas) ou afirmar que “aprender significa também enriquecer representações”⁸, denota uma incompreensão cuja propagação seria perigosa. Pode-se dizer, no máximo, que as concepções são pré-científicas, desde que se frise que o fato de situá-las em relação a conhecimentos científicos não lhes confere, em absoluto, um estatuto preparatório para ter acesso a esses últimos. Muito ao contrário, é mais fácil ensinar alguém que não sabe nada de um assunto do que quem já tem a impressão de possuir um saber, mesmo que este se revele inutilizável.

Uma outra posição procede dos escritos de Bachelard, mais particularmente de sua idéia de “obstáculos epistemológicos”. Para ele, as representações têm um estatuto significativo, do qual é possível deduzir certas consequências pedagógicas. As concepções são interessantes pelos “erros” que elas põem em evidência. Esses erros não correspondem apenas a um acidente de percurso, não se devem unicamente ao

⁸ BEAU, *Formation des adultes* [Formação dos adultos], *Pour*, N° 45, 1974.

que é exterior ao saber, mas também aparecem pela “própria ação do conhecimento”, como ressaltava Canguilhem. Assim sendo, o erro constitui um ponto de partida, pois a construção do conhecimento científico não parte do zero, choca-se com um sabor usual, evidente e preexistente, que determina outros tantos obstáculos ao seu acesso. Assim, para Bachelard e seus adeptos⁹, embora as representações costumem ser ignoradas, como mostramos na primeira parte desta obra, na verdade elas não são evacuadas, mas somente recalçadas. O sujeito adquire apenas uma ilusão de saber, sendo que este é constituído, na maioria das vezes, por palavras sem significação; isso se manifesta mais particularmente pela aplicação estereotipada de receitas ou pela utilização de frases vazias de sentido.

Essa concepção desembocou em pedagogias da “refutação”, ultrapassando assim o pensamento de Bachelard, o qual só apreçoava um ensino da “retificação”. Em suas aplicações mais significativas, os métodos começam, como anteriormente, com uma fase de expressão e tomada de consciência das representações por partes dos aprendentes; a partir daí, várias variantes foram sucessivamente preconizadas. Para alguns, somente o professor agirá para questionar as concepções iniciais; para outros, o grupo é que pode exercer esse mesmo papel, através do diálogo contraditório que ele permite; para outros ainda, após a fase de expressão das representações, o professor fornece o saber desejado e faz confrontá-lo com as concepções prévias, de maneira a mostrar aos alunos a defasagem existente entre seu saber e a realidade. Por fim, alguns preconizam que os formandos sejam postos em situação de expressar e explorar as representações que possam possuir, e, através de um trabalho sobre essas representações, o grupo, ajudado pelo formador, tenta chegar ao conceito científico, através de uma série de correções sucessivas, utilizando os recursos da experiência prática e profissional dos membros do grupo. Este último chegaria assim a uma formação conceptual através de uma linguagem comum, utilizando termos aceitos por todos¹⁰.

Tais práticas têm sua razão de ser em certos momentos e para certos tipos de aprendizagem. Não podem ser generalizadas, porém, no que tange à apropriação do saber científico, isso por diversos motivos ligados, quer à sua utilização, quer, mais profundamente, a certos pressupostos não-fundamentados. Primeiro, o divulgador tende, com frequência demasiada, após ter feito expressar as concepções, a introduzir seu saber de maneira sub-reptícia, eludindo os mecanismos de apropriação dos aprendentes. Na prática, observa-se com uma certa frequência que os formadores procuram fazer emergir as representações do grupo e, a seguir, não se preocupam mais com elas, exceto a título de ilustração (quando põem em evidência seu aspecto pitoresco, sem procurar no entanto qual possa ser sua lógica subjacente).

⁹ Os defensores dessa pedagogia acham suas fontes, é claro, nos trabalhos de Bachelard, mas também na pedagogia negativa preconizada por Rousseau, ou no aprendizado por “ensaios e erros” de Thorndike.

¹⁰ É-nos difícil atribuir cada proposição a um autor ou uma corrente determinado, pois as posições têm amplamente evoluído num mesmo indivíduo. Observemos que se trata na verdade de práticas comuns na formação dos adultos.

A rigor, as concepções dos aprendentes não passam de um pretexto utilizado como atividade de arranque de uma aula. Esse tipo de prática, comum à pedagogia tradicional, traz o risco de injetar cedo demais conceitos mal delimitados, para aprendentes mal preparados. Assim não faz senão induzir definições estereotipadas, com a conseqüência de suprimir o desejo de procurar.

Num plano mais fundamental, essas práticas privilegiam o papel das concepções “iniciais”, as quais são tratadas como um objeto, um fim em si, antes do que ser consideradas como a expressão de um tipo de conhecimento empírico ou intuitivo obstaculizando a construção do saber científico. Essa pedagogia situa mal o momento em que as representações podem exercer um papel no processo de elaboração, dos conhecimentos pelos formandos. Com efeito, não se trata de pôr os aprendentes em situação de tomar consciência dos erros trazidos por suas representações antes da elaboração de um saber; essa atividade deve antes exercer-se durante e após a construção dos conhecimentos. Isso permite não reforçar os obstáculos existentes. Ademais, só é possível captar a diferença entre duas explicações na medida em que uma e outra forem realmente conhecidas; pedir para quem nunca viu o mar que o compare com um grande lago é tão ilusório do que fazer um formando tomar consciência (por um formado) de suas concepções quando ele não conhece outra coisa e elas têm aos seus olhos um estatuto de evidência. Uma vez adquirida a explicação científica, ao menos em parte, é que fica possível voltar às representações prévias para poder superá-las de verdade através de uma série de retificações sucessivas¹¹. Por outro lado, não é evidente refutar diretamente um saber prévio, sendo que este resiste até a argumentações muito elaboradas, pois está ligado com uma estrutura coerente mais ampla, a do pensamento do aprendente, que carrega dentro de si sua lógica e seus próprios sistemas de significação. Voltaremos com mais detalhes a essa idéia. Acrescentemos apenas que uma concepção nunca funciona isoladamente, que ela exige ser abordada tomando-se em conta seu contexto, o que não é tão evidente, tanto mais quando mal a conhecemos.

Por fim, é preciso acrescentar agora, mas também voltaremos a esse ponto mais adiante, que as representações iniciais nem sempre constituem um obstáculo. É verdade que elas indicam, para o formador, o caminho que resta percorrer, bem como elas revelam as dificuldades que os alunos correm o risco de encontrar. Mas, na maioria das vezes, o aprendente não tem consciência delas e é inútil, às vezes, colocá-lo ante um obstáculo suplementar, tanto mais que esse conhecimento “falso” pode, ainda assim, ser-lhe útil; mostraremos isso mais adiante, através de vários exemplos, tanto no nível didático como no plano histórico¹². Com efeito, conceitos

¹¹ Bachelard indica, aliás, que é quando “nós nos ressuscitamos de um passado de erros que encontramos a verdade em um verdadeiro arrependimento intelectual”.

¹² Martinand teorizou nesse plano, no Seminário DEA (Diploma de Estudos Aprofundados – Nível de Pós-graduação) da Universidade Paris VII (1981), ao comparar os trabalhos de epistemologia e de didática das ciências. Insiste ele sobre a mudança de ponto de vista situada atrás da noção de obstáculo: “o erro não é uma falha do pensamento, mas sim o testemunho inevitável de um processo de pesquisa”. Acrescentaremos ademais que ele funciona tanto durante a passagem do conhecimento comum ao conhecimento científico quanto dentro do próprio saber científico.

completamente situados no extremo oposto dos que acabaram triunfando na ciência contemporânea têm exercido um papel benéfico numa determinada etapa do desenvolvimento das idéias.

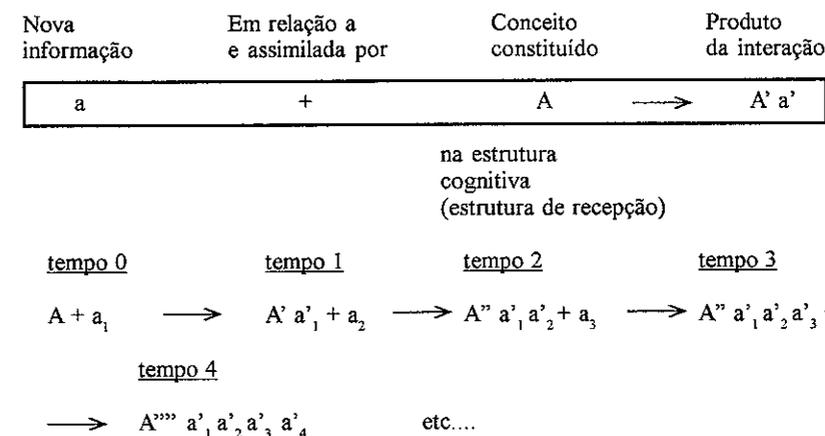
3. Aprender “com” e “contra” as concepções

É portanto necessário hoje superar ao mesmo tempo as pedagogias que operam unicamente “com” ou “contra” as representações, opções herdadas de um bachelardismo por demais dogmático. Parece-nos importante situar a construção do saber científico no quadro de uma teoria do conhecimento aproximada e caracterizada pelos parâmetros que seguem.

A primeira hipótese que nos parece dever ser adotada nós compartilhamos com muitas escolas de psicologia aparentadas com o construtivismo. O aprendente é quem “constrói” seu saber. É ele portanto, adulto ou criança, que, por uma razão ou outra, deve encontrar-se na situação de mudar de representações. Essa observação é importante, pois significa que não se pode realizar essa operação em seu lugar; mais especialmente, o formador não poderá nem fornecer as concepções adequadas, nem atuar sobre as representações (por exemplo, através de um discurso) se não levar o aluno a tomar consciência, por ele mesmo, da necessidade de operar essas revisões.

A segunda hipótese amplia a problemática de Bachelard e de seus epígonos pedagógicos. Parece-nos poder ser formulada assim: por uma série de correções, de sucessivas retificações, é que o aprendente pode ter acesso a um certo nível de formulação mais adequado (ou mais próximo ao saber científico).

A isso, porém, é preciso acrescentarmos outras duas características, aos nossos olhos, igualmente essenciais. As concepções do aprendente não correspondem unicamente a imagens da realidade; servem-lhe de ponto de ancoragem para apropriar-se de outros saberes, pois elas constituem “estruturas de recepção” que permitem unificar novas informações. Ou seja, elas exercem um papel de intermediário entre o conhecimento e o próprio indivíduo e numa interação entre essas estruturas de pensamento e as informações obtidas pelo aprendente é que o saber vai elaborar-se. Isso desemboca numa outra idéia: por causa dos mecanismos descritos anteriormente, os constructos serão evolutivos se remodelarão constantemente. Com efeito, o fenômeno “aprender” depara-se com outra dificuldade: o novo conhecimento deve ser “integrado” às estruturas preexistentes à disposição do aprendente. A esse respeito, Ausubel emite a interessante idéia de “pontes cognitivas” a serem lançadas. Novak retoma isso da seguinte maneira:



Piaget, por analogia com os fenômenos biológicos, reúne esse mecanismo sob a idéia de assimilação. O que observamos é que essa “assimilação” não é meramente “acumuladora”, mas também “deformante”. Um processo de reorganização implementa-se até que ele seja tomado dos conhecimentos até em consideração pelo novo conjunto de informações; Piaget utilizou, a esse respeito, o termo de acomodação.

Parece-nos necessário hoje ir ainda mais adiante e falar de verdadeira “mutação”. Um elemento novo não se inscreve na linha dos conhecimentos anteriores; estes representam, na maioria das vezes, um obstáculo para sua integração e é portanto necessária uma transformação intelectual para completar essa defasagem. Passar da noção comum de “pesos de balança” (POIDS) para o conceito de peso de um objeto (pesanteur) não consiste em introduzir uma força de peso (pesanter) onde se falava de peso de balança (POIDS), mas sim em abordar a questão através de outra abordagem¹³ e em implementar um sistema de relações no qual certas noções isoladas, que se bastavam a si mesmas, são questionadas na dinâmica de um sistema em interação. Essas noções não aparecem mais senão como nós de relações, sem existência própria, e outras estabelecem-se em seu lugar. Passa-se até para outra lógica.

¹³ A título de exemplo, é interessante analisar a estrutura da matéria. Apenas 50% dos alunos utilizam de maneira quase sistemática um modelo que se aproxima do modelo particular. E somente 20% aceitam sem problema, por exemplo, que haja vazio entre os diversos elementos que compõem o ar. Deduz-se desse tipo de estudo que a passagem de uma visão contínua para uma visão descontínua exige um enorme esforço de abstração e racionalização, e sobretudo requer o abandono da “prova sensorial”. O modo de conhecimento pode mudar radicalmente assim que se quer passar para o nível científico. Nesse caso, os alunos devem abrir mão de qualquer recurso aos sentidos, conectar-se a um pensamento abstrato e rejeitar a imagem em proveito do conceito, do modelo. Outros tantos elementos que não são evidentes, que exigem que o professor tenha um bom conhecimento dos saberes anteriores do aluno, para ao mesmo tempo evacuá-los e apoiar-se sobre eles de maneira a propor outro modelo que seja compreensível.

Os pesos da balança (POIDS) eram considerados como uma qualidade atribuída aos objetos; agora é o ponto de encontro de diferentes parâmetros, tais como a massa, a aceleração, a atração, a velocidade...

Parece necessário, pois, abalar o edifício constituído pelos saberes familiares, mas é preciso também – o que pode parecer contraditório – apoiar-se sobre eles. Com efeito, como frisávamos antes, é necessário tomar como substrato as ferramentas diárias, pois os constructos correspondem aos únicos instrumentos à disposição do aprendente; através deles é que ele decodifica a realidade. Mas, ao mesmo tempo, é preciso questionar constantemente os conhecimentos trazidos pela vivência, pois estes conduzem inevitavelmente à evidência e constituem portanto um “filtro” da realidade. Não basta o fato de uma previsão, apoiada sobre o modelo espontâneo, revelar-se falsa para destronar esse mesmo modelo. A construção dos conceitos pelos aprendentes comprova isso. Uma previsão se reajusta ante a experiência e uma explicação se adapta de acordo com as mesmas modalidades. É preciso, em certos momentos da vida diária, modificar a grade de análise do ambiente e admitir a necessidade de outro tipo de abordagem; é verdade, entretanto, que nada nos obriga a isso. Para isso, vários aspectos hão de ser considerados. Seria desejável, ao que parece, mudar de orientação, em particular modificando a pergunta à qual não se conseguiu trazer uma resposta satisfatória.

Esse processo conflitante é que deve ser aprofundado hoje, pois conhecemos ao mesmo tempo “graças a” (Gagné), “a partir de” (Ausubel), “através de” (Piaget) nossos saberes anteriores e, simultaneamente, aprendemos “contra” (Bachelard) esses saberes. Pois o conhecimento está situado ao mesmo tempo no prolongamento das aquisições anteriores que forneceram o quadro e os elementos de compreensão e, por ruptura com esses – ou ao menos desviando deles –, pois tudo deve ser reorganizado de uma nova maneira, de acordo com outro modelo de pensamento¹⁴.

Com efeito, as pesquisas recentes sobre a construção dos conhecimentos nos aclaram doravante sobre os motivos do fracasso de um certo número de práticas, tanto nas pedagogias tradicionais como em certas pedagogias de inovação¹⁵. As pedagogias inovadoras revelam-se inoperantes, ou ao menos limitadas, pois as atividades de conceptualização necessitam de um certo número de condições de constante questionamento, de elaboração e reconstrução, notadamente pela introdução de um certo formalismo. A tomada de consciência da não-validade de uma concepção anterior pode criar um certo desespero no aprendente, portanto um bloqueio, se não for ajudado a construir outra fornecendo-lhe as informações necessárias à medida de suas necessidades. Na falta disso, ele volta, na maioria das vezes, para suas concep-

¹⁴ Nossos conhecimentos físicos “são extraídos da sensação”, dizia o físico Max Planck; mas seu progresso consiste precisamente em libertar-se de qualquer antropomorfismo e de qualquer sensualismo.

¹⁵ Não estamos antagonizando aqui esses dois tipos de práticas. As inovações dos anos 70 permitiram, após as dos anos 20, uma renovação nas atividades de sala de aula. Marcam uma etapa considerável na definição e abordagem dos objetivos de atitudes de métodos, bem como na relação professor-aluno. Só estamos procurando precisar quais seus limites.

ções anteriores. Para ter sucesso, não basta mostrar-lhe que sua concepção não é adequada; é necessário motivá-lo em relação à questão a ser tratada ou, ao menos, fazê-lo entrar nessa última¹⁶. A seguir, é preciso convencê-lo, o que exige recorrer a um certo número de argumentos (e não a um só, apresentado rapidamente). Vimos anteriormente que sua representação não constitui senão a parte emergida de uma rede mais extensa de significado.

Para isso, parece desejável que ele possa explicitá-la, confrontá-la com outras concepções, para que ele extraia dela sua área de validade, para que, eventualmente, ele retorne a ela. A seguir, é necessário que produza – o que não é nada evidente – uma nova concepção que esteja freqüentemente muito distante, ou até em contradição com o que costumava pensar. Passar da idéia de que a lâ aquece à de que na verdade ela não emite calor, mas sim que ela é composta de uma substância que impede o calor de escapar, não tem nada de evidência. Efetuar medições termométricas não induz automaticamente a noção de isolante. Isso é ainda mais verdadeiro para a fotossíntese das plantas. Convencer o aluno de que os vegetais verdes não se alimentam exclusivamente de substâncias extraídas do solo não implica logicamente a idéia de que a planta elabora sua própria matéria viva graças à energia da luz. Ademais, é ilusório pensar que se pode chegar a uma formulação geral com um simples processo experimental. Que aluno que, mesmo em situação de pesquisa e de múltiplos confrontos, pode pensar que a planta se alimenta de um gás (que na maioria das vezes ele considera tóxico) e isso graças a uma substância, a clorofila (a qual ele atribui um papel de “purificação”), que é “capaz de transformar a energia luminosa em energia química”? E isso mesmo quando o aluno tem apenas uma idéia aproximativa e pouco operatória daquilo que seja energia, luz, reação química. E que se alimentar significa para ele “absorver algo de sólido”¹⁷.

A possibilidade de um aprendente poder descobrir sozinho esse conjunto de dados será praticamente nula, se ele não for posto em situações adaptadas, se ele não tiver à sua disposição um certo número de elementos sucessivos (argumentos, modelo) suscetíveis de interferir no seu processo.

Pode-se acrescentar que um segundo nível de construção não se substitui ao antigo senão quando o aluno aprende a fazê-lo funcionar. Ele deve criar o hábito de utilizar seu novo saber com um patamar de sucesso suficiente para não ficar tentado a voltar às suas primeiras idéias. A aplicação de um conceito, numa situação nova, mostra ao aprendente que, com a formulação construída, é possível interpretar e entender fenômenos que sua concepção inicial não explicava. Nesse nível também o aprendente deve poder ver-se confrontado com um certo número de situações adaptadas, de maneira a permitir esse reinvestimento.

É bom observar, a esse respeito, que quando um nível de conceptualização é alcançado, ele implica, na maioria das vezes, uma certa formalização e utilização de

¹⁶ A questão está intimamente ligada a todo o saber; com efeito, o conhecimento não tem sempre uma resposta a uma pergunta? Essa ligação concepção-questão, assim como a ligação concepção-processo, é o objeto de nossas pesquisas atuais.

¹⁷ Beber não constitui, para muitos alunos, mesmo no fim do segundo grau, uma possível atividade nutritiva.

termos novos, o que tende a extrai-lo das situações particulares, em relação com o meio familiar. Ora, admitir a necessidade de outro vocabulário ou de um formalismo, mesmo que restrito, tampouco é evidente, e nada nos obriga a isso na vida diária.

É preciso, portanto, desistir da idéia de deixar os conceitos elaborar-se unicamente a partir da experiência. Isso não quer dizer que seja necessário voltar automaticamente a um processo expositivo tradicional; sabemos que “dar” uma noção não serve para nada. Trata-se hoje de refletir sobre os elementos que são necessários, e qual a forma sob a qual podem ser compreensíveis. Trata-se também de incitar a manipular esses conceitos, ao mesmo tempo para mostrar seu interesse e para acostumar os aprendentes ao seu uso.

Esse conjunto de pontos é que tentaremos dissecar nos próximos capítulos, centrando-nos, a cada vez, por razões de exposição, em alguns elementos fortes¹⁸. Mas previamente pareceu-nos útil, revelar como é freqüentemente necessário nos mecanismos de conceptualização. O caminho que escolhemos é o do aporte da história das ciências; ele nos permitirá fazer surgir alguns elementos relativos a outro tipo de construção de saber, relacionado com a idéia de que a pesquisa científica está “em percurso”.

¹⁸ O conjunto em anexo é o produto de uma série de pesquisas em andamento e resumiremos nas próximas páginas apenas alguns elementos que parecem predominar. Por motivos de exposição, nossas palavras serão ilustrativas e apoiar-se-ão em alguns exemplos significativos. Ainda assim, terão por fundamento um conjunto de argumentos nem sempre desenvolvidos. É preciso frisar, entretanto, que uma metodologia há de ser detalhada nessa área; pode-se até dizer que a principal dificuldade desse tipo de pesquisa é dessa ordem. Como fazer surgir fatos didáticos? Como impor uma certa objetividade na matéria? Como extrair os elementos significantes de uma situação? O que, é que, numa situação educativa, foi pertinente? No estado atual da pesquisa, a didática das ciências deve viver nas confrontações e suspeições: nem tudo deve ser tomado “ao pé da letra”, os elementos de interpretação devem ser corroborados em outras circunstâncias. Isso supõe inicialmente a elaboração de novas técnicas, como, por exemplo:

I. Observação de situações de aula que tiveram “sucesso”: analisa-se *a posteriori*, quando foi constatada uma aprendizagem, o processo seguido pelos alunos e as interações professor-alunos, de maneira a procurar o que permitiu a superação. Isso necessita um registro completo, possível graças a gravadores e compilações das produções dos alunos (inclusive os rascunhos).

II. Observação comparativa de “casos didáticos”: “submetem-se” alunos, que tropeçam contra obstáculos mais ou menos *idênticos*, a processos de aprendizagem claramente divergentes para considerar suas conseqüências.

III. Observação em situação padronizada de aula: reproduz-se várias vezes, com aprendentes diferentes, a mesma situação, para apreender se a evolução é factual ou inevitavelmente ligada a tal tipo de intervenção pedagógica.

Isso exige a seguir que se confronte os elementos pertinentes extraídos dos diversos processos descritos anteriormente e voltar à experimentação em situação de aula, de maneira a comprovar a solidez, em condições generalizáveis, das hipóteses pedagógicas elaboradas.

APORTES DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS

Antes de abordarmos as imposições criadas pela construção dos conhecimentos, talvez seja necessário fazer um curto desvio na história da elaboração de alguns conceitos que formam a base da ciência de hoje. É claro que não se trata de querer fazer ressurgir o velho debate antogênese – filogênese, mesmo que semelhanças sejam ocasionalmente encontradas; hoje em dia, não é mais permitido pensar que a apropriação do saber pelos aprendentes retome os mesmos caminhos tomados emprestados ao desenvolvimento da ciência. O contexto, as questões levantadas e os desafios sociais ou econômicos são muito diferentes. Mas a história das idéias nos fornece alguns elementos que permitem entender a complexidade dos fenômenos; ela põe em evidência também uma série de parâmetros pertinentes que exercem um papel importante na elaboração dos conhecimentos.

1. O saber científico não é imediatamente integrado

Um primeiro aspecto, que parece manifesto para quem é pesquisador, corresponde ao fato de que os conhecimentos não são evidentes e que não aparecem instantaneamente quando se é colocado ante eles. Não basta ver melhor. Trata-se sempre de algo elaborado, que responde a uma necessidade e às questões levantadas, é o fruto de um processo de abstração e formalização, que se estabelece, na maioria das vezes, em ruptura em relação à evidência. Na verdade, a construção de todos os conceitos, mesmo aqueles com os quais nos familiarizamos, tem gerado problemas amiúde quase insuperáveis. O mesmo ocorre com certos instrumentos científicos que pertencem à vida de todos os dias, produzidos pela ciência para responder a preocupações particulares.

O termômetro constitui um exemplo particularmente ilustrativo. Esse objeto, com efeito, é de uso comum e seu princípio parece muito simples. Responde ele a necessidades definidas: seu uso, para avaliar uma sensação externa e para medir as variações de temperatura, está ao alcance de todos. Ainda assim, sua elaboração exigiu 20 séculos, se levarmos em conta as primeiras tentativas bastante bem-sucedidas, 250 anos antes de Cristo, com os termoscópios de Filon de Bizâncio e Herão

de Alexandria. A primeira realização a apresentar um mínimo de eficiência data do século XVIII apenas, com o surgimento da divisão centesimal nos termômetros de mercúrio de Celsius e Christin¹.

Esse longo caminho não pode ser imputado às fraquezas do pensamento humano ou a alguma falta de imaginação das gerações anteriores. Descobrimos com interesse mais de 600 escalas termométricas apoiadas em princípios variados. Por exemplo, Hooke (e, um século depois, Réaumur) definia o grau como uma parte alíquota²: a milésima parte do “volume inicial de espírito de vinho posto em movimento na temperatura de congelação da água”. Na verdade, a elaboração do termômetro exigia que fosse superado um conjunto de concepções anteriores muito mascarantes. A simples idéia de escolher dois pontos fixos como elementos de demarcação mereceria todo um desenvolvimento histórico. Com efeito, a água fervendo e o gelo derretendo não foram imediatamente aceitos; encontra-se todo um rosário de observações, tais como as reações de diversas misturas de gelo e sal, o ponto de fusão da manteiga, ou ainda, para Alence, a referência a seu porão que, cavado profundamente no chão, mostrava ter uma temperatura constante. As graduações eram determinadas pelo próprio construtor, de acordo com suas próprias idéias; podiam ao mesmo tempo envolver a parte alíquota do volume inicial, o número de divisões entre os dois pontos fixos utilizados como limites, e até o sentido da progressão dos graus (certas escalas indicavam o esfriamento, outras, o aquecimento).

Poder-se-ia pensar que, em todos os casos citados, os problemas técnicos ou as idéias à moda da época que presidiram as escolhas dos componentes e das características experimentais em questão. Os verdadeiros obstáculos, porém, estão em outro lugar; traduzem fundamentalmente dificuldades de conceptualização, surgidas em muitos aspectos. Existe um conjunto de bloqueios devido, por exemplo, à idéia que se tinha de uma medida; com efeito, não havia diferença entre uma “medida” propriamente dita e uma “demarcação”. Existia também uma enorme confusão devido à não-diferenciação, hoje “evidente”, entre calor e temperatura. Isso poderia parecer de pouca importância mas, se nos detivermos essa última assimilação, veremos que essa superposição entre duas noções, hoje claramente separadas pela ciência, constitui uma dificuldade de primeira ordem³. Impede qualquer investigação que permita esclarecer os fenômenos, em particular sobre a natureza do calor. Mais ainda, essa confusão retira qualquer estatuto operatório da própria idéia de calor. Para separar essas duas noções, são muitos os desvios, pois a idéia de quantidade de

¹ Os termômetros de Celsius e Christin só teriam conhecido um interesse restrito se, na França, a Assembléia da Convenção não tivesse optado pelo sistema métrico: “o grau termométrico será a centésima parte da distância entre o termo do gelo e aquele da água fervendo o da água fervente” (1794). Nem todos os países, aliás, fizeram essa escolha.

² Parte que é contida um número inteiro de vezes nesse número.

³ O grande público continua fazendo essa confusão; é verdade que as línguas européias utilizam o termo “calor” com o sentido de “qualidade de estar quente”, o que induz a conotação subjacente de temperatura.

calor, enquanto grandeza de transferência⁴, demorou muito para impor-se; para isso, era preciso considerar a temperatura unicamente como uma grandeza determinadora do sentido da transferência e introduzir a idéia de equilíbrio térmico.

Outra idéia tornava ainda mais difícil a superação de semelhante obstáculo; nessa época, fazia-se a distinção entre o frio e o calor; esses dois elementos eram considerados como matérias suscetíveis de serem absorvidas ou expulsas pelos corpos. Aristóteles, por exemplo, concebia o frio e o quente como qualidades intrínsecas e contraditórias, e não como estados relativos situados numa escala convencional. Essa concepção manteve-se até o fim do século XVII, apesar da manifesta observação de muitos fenômenos que questionavam essa afirmação. Galileu continuava falando em corpos que têm 4° de frio e 2° de quente. Assim, os termômetros exibiam várias qualificações (em geral 4, 5, ou 6 para o frio, e o mesmo para o quente) que se definiam em relação a algo subjetivo que era chamado de “temperado”. Na verdade, cada uma dessas qualificações encobria parte da escala termométrica proposta e designava o que era chamado grau de quente e grau de frio. Somente no século XVIII é que o sentido primitivo do termo grau será superado para ser substituído pelo de uma simples divisão pertencente a uma escala de progressão⁵.

Poderíamos fornecer outros exemplos desse tipo. Todos eles servem para ressaltar a importância do quadro de referência implicado durante a estruturação do saber. Permitem também questionar, sem dúvida nenhuma, a idéia de que uma criança possa aprender através de uma simples experiência concreta, imediatamente acessível.

Um objeto que se tornou comum, no entanto, tal como o termômetro, ajuda-nos a apreender melhor o que é o concreto; este corresponde a um saber reconhecido por uma sociedade e que induz certas experiências que se tornam quase que diárias. Isso nunca representa o real como tal, mas antes o familiar, ou mais precisamente o abstrato tornado familiar, sendo que os suportes não são mais senão secundários e convencionais. Em grande parte, isso pode explicar as numerosas dificuldades encontradas pelos aprendentes quando devem construir esse abstrato cotidiano, dificuldades essas tanto maiores porque isso faz parte do domínio das evidências, e os formadores não têm consciência disso. Esse processo de “evidencialização” deveria ser precisado, pois não deixa de ter consequências sobre a apropriação do saber individual. Este último passa também pela tentativa de incorporar o novo ao concre-

⁴ B. VUILLEMEUR, A. GIORDAN, *Le Phlogistique et le Calorique, Choix de textes historiques sur la combustion et la chaleur* [O Flogístico e o Calórico, Seleção de textos históricos sobre a combustão e o calor], Cahiers H. S., Paris, 1985.

⁵ Gostaríamos de insistir aqui sobre o papel que pôde ter exercido uma teoria, reconhecida como falsa pela ciência de hoje, na elaboração do saber. A teoria substancialista do calórico não permitiu descobrir a natureza do calor, porém correspondeu a um conceito operacional, que permitia introduzir relações precisas, matematizáveis, que levaram até a idéia de transferência e equilíbrio térmico. Com efeito, desde o início envolveu uma “substância” correspondendo a uma quantidade, portanto diretamente aditiva e conservadora. – seguindo F. HALBWACHS, *Histoire de la chaleur* [História do calor], Seminário LDES, 1981, documento interno.

to, isto é, às abstrações familiares, através da tentativa de fazer os conhecimentos recentes integrarem-se aos quadros de referências anteriores.

Encontra-se os mesmos tipos de dificuldades a respeito dos conceitos, alguns dos quais, como os de átomo, fóton, célula ou adaptação, sendo considerados, de tanto serem manipulados, como igualmente evidentes por parte dos divulgadores. Por exemplo, o que há de mais evidente do que a fecundação: um óvulo + um espermatozóide = um ovo; no entanto, a formulação do conceito de fecundação, em sua forma ensinada, não tem mais de cem anos de idade, e ainda assim ela foi afinada nestes últimos anos. A pedagogia habitual encaminha essa questão apresentando aos aprendentes um espermatozóide, um óvulo, e fazendo observar no microscópio o que ela chama de fecundação.

Um estudo histórico permite entender por que nossos alunos integram mal essa noção⁶. A descoberta de duas espécies de gametas não induz diretamente sua função (genética) na formação do futuro embrião. Assim, foi necessário esperar 200 anos entre a descoberta do espermatozóide e o momento em que seu papel foi entendido e aceito por alguns elementos da comunidade científica. A síntese de Muller é eloqüente na matéria, pois, em 1847, ainda não sabia o que fazer com isso:

"No estágio atual de nossos conhecimentos, não podemos decidir se os espermatozóides são parasitas ou moléculas primárias do animal no qual são encontrados. Ehrenberg está disposto a considerá-los como animais e assemelha-os às cercárias, que são verdadeiros entozoários. Treviranus, partidário da outra opinião, compara-os aos corpúsculos polínicos".

O mesmo ocorre com o óvulo, e, mesmo assim, esse estudo deve ser considerado como muito mais importante, pois encontra-se, já em Herófilo⁷, descrições relativamente elaboradas.

Assim, em 1677, é avistado, descrito e reconhecido; da mesma maneira, a existência do ovo dos mamíferos está demonstrada há cinco anos ao menos. Seria lógico pensar que a partir de então possa ter sido proposta uma visão globalmente aceitável do mecanismo da fecundação. Ora, será preciso esperar quase 2 séculos antes de ser alcançado um primeiro nível de compreensão (ainda existem pré-formistas no início do século XXI!). Poder-se-ia supor, portanto, que as observações realizadas não eram satisfatórias ou que os progressos técnicos revelavam-se insuficientes. Mas não era assim; a chegada do microscópio gerou mais problemas do que trouxe soluções. Em certos aspectos, até contribuiu para tornar a situação ainda mais complexa, ao orientar a reflexão para pistas sem saída. Assim, os "pré-formistas machos" apropriaram-se imediatamente dele e foram muitas as observações de embriões encaixados

⁶ Retivemos apenas o lado anedótico (a "dança" dos espermatozóides ao redor do óvulo); isso traz pouquíssimos elementos à compreensão do que é realmente o conceito de fecundação. Ver: A. GIORDAN, J. POCHON, V. HOST, *Histoire de la fécondation au XIX^{ème} siècle* [História da fecundação no século XIX], Cahiers H. S., N° 10, Orsay, 1984.

⁷ 325 - 280 a.C.

nos espermatozóides. Nasceu assim um grande número de interpretações, conforme ilustra este texto de La Bruyère:

"Vê-se numa gota d'água... um número quase incalculável de pequenos animais e cuja figura vemos no microscópio e que se movem com uma velocidade incrível, como outros tantos monstros num mar extenso; cada um desses animais é mil vezes menor do que um Círio e, ainda assim, é um corpus que vive, se alimenta, cresce, que deve ter músculos, vasos equivalentes às veias, aos nervos, às artérias e um cérebro". (Os caracteres - Mentis fortes, 1688.)

Isso mostra bem que a técnica é inseparável dos níveis de formulação. Na verdade, o que obscurece a compreensão são mesmo as idéias vigentes e sua resistência às objeções ou a certos fatos novos avançados por outras. Por exemplo, os "pré-formistas fêmeos", conforme veremos a seguir, nada queriam com o espermatozóide, pois o óvulo sozinho continha a criança. Assim, negaram-no por muito tempo através de um artefato. Com o tempo, devido à multiplicidade das observações, atribuíram-lhe um papel secundário, o de "parasita" do esperma, o de agitador ou ainda de fâisca para fazer o embrião desenvolver-se.

Inversamente, Buffon tinha tanta convicção do papel necessário dos espermatozóides para a procriação que ele o procurou na fêmea e o encontrou.

2. As concepções prévias representam um obstáculo determinante

São muitos os exemplos desse tipo que coletamos. Todos eles argumentam a favor do papel mascarante que podem exercer certas concepções prévias do pesquisador, implicado no entanto no processo de descoberta de novas idéias. Esquematizaremos apenas dois deles a título ilustrativo.

O primeiro envolve o tema da transmissão hereditária, problema esse estreitamente ligado ao da fecundação. Haller⁸ pensava que os fenômenos de hereditariedade constituíam "o reativo mais seguro do valor dos sistemas de pensamento". Citou casos de transmissão de certas particularidades do pai para o filho (hérnia, catarata, lábio leporino, polidactilia, etc.), mas também identificou casos de hereditariedade de origem materna. Experiências de cruzamento feitas com animais levavam aos mesmos resultados; escrevia Haller: "as galinhas que não têm cauda, cobertas por um galo como habitualmente, geram frangos que têm uma cauda e outros que não". Um pouco antes deles, Réaumur havia proposto cruzar galos de 5 dedos com galinhas de 4 dedos e reciprocamente, de maneira a ver se a prole teria 4 ou 5 dedos, conforme o "germe" proviesse do ovo da galinha ou do galo. Essas experiências e muitas observações feitas sobre mestiços ou híbridos muito variados podem fazer-

⁸ 1708 - 177.

nos pensar hoje que parecia evidente deduzir delas que as crianças recebiam seus caracteres de ambos os pais. Essa conclusão parecia estar ao alcance de Haller, sobretudo quando ele escrevia: “a geração não é um desenvolvimento do feto pré-formado e portanto existente, mas sim uma nova formação”. Iria esse autor descobrir os fundamentos da geração e da embriogenia? Nada disso; não pôde desistir de suas idéias pré-formistas; sua derradeira posição foi a seguinte: “Pode ser, em definitivo, que a matéria venha da mãe e que o pai forneça apenas o movimento que anima a forma”. Suas “observações” sobre o ovo de galinha, como veremos a seguir, continuarão fortalecendo-o nesse rumo de pensamento.

O segundo exemplo é até mais completo, pois está ligado à obra de Spallanzani. Este, numa série de experiências minuciosas, demonstra a necessidade da presença do esperma na fecundação. Põe em evidência o fato de que esse esperma não age por um espécie de “valor” – a *aura seminalis* – como se acreditava antes dele, mas sim por um contato direto. Mostra ele que o óvulo não pode mais ser fecundado se o esperma foi levado a uma temperatura de 45° ou misturado com vinagre. Até demonstra que o esperma filtrado não é mais ativo, mas que o produto residual de sempre, etc... Nessa última manipulação, o que é que o papel filtro pôde ter retido, senão espermatozoides? Mas Spallanzani não lhe dá atenção e se limita a assinalá-lo de passagem, experimentador metucioso que é.

Todas essas pesquisas teriam-lhe permitido pôr em evidência a importância dos gametas machos... se não tivesse sido um ovista convicto! Ora, a experiência “crucial” que o convencerá é diferente. Apóia-se com efeito em outro fato, o qual ele julga decisivo: obteve fecundações de “ovos” de rã, misturando óvulos e esperma. Ainda assim, a observação desse esperma no microscópio não lhe permitiu “ver os espermatozoides”.

Pode-se notar, através da interpretação e estruturação dessas observações, a importância tomada pelas concepções de Spallanzani. Partidário do ovismo, mostra-se cego ao fato descoberto, porque este contradiz suas representações teóricas do fenômeno; ao contrário, usa como argumento uma multidão de experiências que certamente lhe teriam parecido menos convincentes se não tivesse ficado obnubilado por idéias preconcebidas. Assim, ele pretende ter fecundado “ovos” com sementes de tal maneira diluídas que o microscópio “não deixava ver nenhum animalculo nelas”; ademais, acrescenta isto: “o longo hábito que eu tenho de estudar os vermes espermáticos convence-me que não me enganei”. Um “esquecimento” é ainda mais revelador do “filtro inconsciente” determinado por essas concepções. Consultando-se suas notas de laboratório⁹, com efeito, pode-se ler, de seu próprio punho, a respeito dessa experiência: “não há espermatozoides móveis”. Esse último qualificativo desaparece da versão final, pois, sendo eles não móveis, pode-se supor que estão mortos e, portanto, que não exercem nenhum papel, fato esse que concorda com seu sistema de pensamento. É preciso acrescentar que, dez anos depois, bastará que Prévost e Dumas repitam essas mesmas experiências para conven-

⁹ Trabalhos de CASTELLANI, citados por GMEK no colóquio Spallanzani, 1981.

cer-se do contato obrigatório entre óvulo e espermatozóide..., o que não impediu as teorias pré-formistas de continuarem mantendo-se durante todo o século XIX, conforme já frisamos.

3. Os conceitos correspondem exatamente a construções

Pode-se observar, pois, através dos estudos históricos, que o saber não se adquire de imediato, pela observação; elabora-se a partir das concepções vigentes, através de um longo processo de retomada e decantação que desemboca sobre a construção de outra aproximação da realidade.

Nesse contexto, embora correspondam a materiais, os fatos sozinhos não impõem o saber novo. Na maioria dos casos, pode-se evidenciar o papel dos preconceitos, para não falar na incrível tenacidade com a qual certas idéias são conservadas, embora estejam diretamente em conflito com a evidência experimental. Da mesma maneira, tende-se também a manifestar um certo desprezo para com teorias que poderiam, rapidamente, responder às eventuais contradições. Quantas vezes já ocorreu que dois cientistas, ambos da maior competência, colocados ante a mesma “evidência”, tirassem conclusões diametralmente opostas? Aí está algo aparentemente difícil de integrar no modelo convencional que pede que a construção do saber científico seja fundada numa “submissão aos fatos”¹⁰.

A melhor ilustração que podemos fornecer a esse respeito apóia-se numa experimentação simples, já realizada por Aristóteles e seus contemporâneos, que foi retomada no século XVIII por outros motivos. Concerne ao desenvolvimento do embrião do pinto no ovo de galinha. Para isso, basta quebrar diariamente a casca de um ovo fecundado e olhar. Wolff fez observações finas a esse respeito; seus trabalhos são notáveis por mais de uma razão e superam notadamente os realizados por Malpighi, seu ilustre predecessor na matéria. Todas as descrições feitas por ele evidenciam o aparecimento de novas estruturas, de novos órgãos que “certamente” não podiam existir antes, mesmo no estado de “esboços”. Descreve mais particularmente as mudanças que ocorrem no embrião; primeiro, é “uma espécie de pequeno saco informe com uma hérnia de uma espessura incrível que sai do intestino, mas sem nenhuma aparência de membros, nem de vísceras, nem sequer de coração. Passado algum tempo, percebe-se o coração, a seguir, os olhos, os rins, o estômago, o intestino, os pulmões”. O pequeno embrião passa “insensivelmente por vários graus”. Conclui ele “que não pode restar nenhuma dúvida quanto à verdade da epigênese”. Não, responde Haller, após ter feito as mesmas observações, e isso por vários motivos. Em primeiro lugar, é impossível que o feto tenha podido, em qualquer momento, ser privado de coração, pois neste órgão é que reside o princípio de toda a vida e de todo o movimento. Após essa lembrança da concepção aristotélica, tenta ele de-

¹⁰ Essa observação não deixa de ser menos evidente quando se vive realmente em meio à ciência, tal como ela é vivida ainda por certos pesquisadores de alta qualidade.

monstrar que se as partes não são visíveis na origem, não é tanto por causa de sua pequenez quanto pela razão de “sua fluidez e transparência”. Ao seu ver, jamais há aparecimento real das partes. Os órgãos preexistem, mas só podem ser reconhecidos no momento em que seu crescimento lhes confere alguma opacidade. Até fornece uma contra-experiência para tentar convencer: se um embrião jovem for tratado com sumo de vinho, poderão tornar-se visíveis as partes que não podiam ser discernidas durante a vida, por causa dessa “extrema transparência”!

Assim, graças a um hábil desvio, Haller pôde voltar, a partir de uma observação idêntica, a uma interpretação pré-formacionista, indo totalmente de encontro à de Wolff. Não obstante isso, esse confronto o levará a enriquecer sua tese; está mesmo convencido de que algumas mudanças têm lugar no embrião, pois escreve ele que as artérias são representadas (assim como viu Wolff) apenas por “pontos separados”; os ossos, “simples glute” originalmente, “são a sede da formação de células, de lâminas, de vasos”; da mesma maneira, com o tempo, “a hérnia umbilical entra no ventre do frango; os membros aperfeiçoam-se e adquirem um esqueleto; aparecem as penas”. Ainda assim, ele continua com a idéia de que essas transformações não significam em absoluto que as “partes essenciais do feto” não estejam pré-formadas; indicam apenas que não o foram “tais como elas se apresentam na idade adulta”.

Na verdade, um fato só se impõe quando já é conhecido; para isso, é necessário ter determinado as condições exatas que permitem observações reproduzíveis; é preciso também ter descoberto os aspectos significantes, afogados em meio a um amontoado de dados heterogêneos, bem como ter eliminado os artefatos, isto é, é preciso ter-se construído um modelo dessa realidade.

Por exemplo, para a maioria de nossos contemporâneos, o conceito de fecundação resume-se a um fato; trata-se de uma constatação puramente empírica, localizada em situações muito diferentes, generalizada por indução, e que foi traduzido por uma definição. Assim sendo, a atividade intelectual parece limitar-se à definição do atributo que permite a operação lógica de classificação e em dar-lhe um nome.

Essa era também a opinião da maioria dos cientistas que procuraram definir a fecundação, fora de qualquer referência filosófica, durante o século passado¹¹. Mas a leitura de seus trabalhos, assim como a de certas obras de sínteses como a de Delage, que aliás trata dos “fatos” da fecundação (1895), mostra que esse conceito não corresponde a uma simples constatação, mas sim que expressa um verdadeiro trabalho de construção; com efeito, ele responde a uma questão teórica, orienta os critérios organizadores da percepção em função de pressupostos precisos e liga-se a outras proposições no quadro de um sistema dedutivo.

O termo “modelo” que utilizamos acima parece-nos um bom vocábulo, pois não designa um conjunto de suposições transitórias, que servem de roupa para

¹¹ V. HOST em A. GIORDAN et al., *Histoire de la fécondation au XIX^e siècle* [História da fecundação no século XIX], Cahiers H.S., N° 10.

os fatos considerados como o único suporte da atividade científica; traduz a idéia de uma espécie de sistema cognitivo que permite uma imediata leitura científica dos dados da percepção¹².

Como já indicado, o conceito de fecundação cabe mesmo nessa definição. Primeiro, responde a uma questão teórica; postula-se que, apesar da extraordinária diferença dos aspectos observados nos seres vivos, existe um processo comum ao conjunto das espécies, ainda que seja mascarado por características próprias de cada grupo e pelas imbricações com outras atividades biológicas (por exemplo, maturação).

Refere-se, por outro lado, a uma teoria mais geral, a teoria celular, para centrar a observação em pontos precisos (quando a variedade dos observáveis é ilimitada), para especificar as técnicas que norteiam estreitamente o objeto de estudo (o que é percebido, criado pelas técnicas e deve ser interpretado de modo crítico) e para fornecer os elementos pertinentes que desembocam na definição geral do conceito (fusão de duas células).

Vale frisar que o modelo não só orienta o processo de descoberta (nesse campo uma teoria falsa pode cumprir o mesmo papel), como também caracteriza o conjunto do processo. Fornece um quadro interpretativo que permite fazer uma “descrição” precisa e que define um protocolo que leva a “observações repetíveis” à vontade. Sem esse suporte, a descrição dos fatos não passa de um “testemunho” que costuma apresentar-se apenas sob a forma de um discurso (o autor “declara...”, comunica que sua “opinião” vê-se corroborado/confirmado).

Essa característica pode ser encontrada para a maioria dos conceitos que funcionam hoje na Física, inclusive a Física Quântica. Essa propriedade até atua em ambas as direções; é verdade que o que nos interessa aqui é o aporte do quadro interpretativo com o fim de fazer progredir o saber; mas, com uma frequência extremamente alta, esse quadro pode nos levar, conforme vimos, para pistas falsas. Assim, a título de anedota, a teoria do calórico levou um brilhante pesquisador como Rumford a teimar durante 12 anos¹³... em pesar o calor tentando alcançar uma precisão incrível. Outros, igualmente famosos, tentaram descobrir o micróbio do beribéri... ou do calo do pé! Isso evidencia, no plano didático, aquilo que pode ser a impregnação de certos modelos pode ser.

¹² Para colocar o problema da fecundação em termos de Biologia geral e para definir as condições de uma abordagem experimental, era necessária uma manipulação prévia do pensamento científico. A Biologia geral era menos uma ciência do que uma meta-ciência, espécie de filosofia da natureza no sentido amplo da palavra; visava a coordenar os dados experimentais estabelecidos em ciências particulares, tais como a Botânica, a Zoologia, etc. Faltavam, na época, os dois paradigmas que permitiam apoiar a unidade do vivo numa base experimental: a teoria celular que reduz o conjunto das manifestações do vivo (funções, etc.) a uma mesma organização, apesar da extraordinária diversidade dos suportes, e a teoria da evolução que explica a diversidade dos seres vivos a partir de uma origem comum. Ademais, essas dificuldades viam-se reforçadas pela ausência de uma sociedade científica centrada na Biologia geral, que representasse ao mesmo tempo uma instância de controle e um local de discussão, pois uma descoberta recebe como data o dia da comunicação que a torna conhecida, e a controvérsia é indispensável ao progresso da pesquisa.

¹³ de 1787 a 1799!