

# O experimento na escola, instrumento para o ensino<sup>1</sup>

ANA MARIA ESPINOZA

**a**té quase meados do século XX a visão predominante na escola, sobre o lugar do trabalho experimental, era a “demonstração” que o docente realizava aos alunos para confirmar sua palavra ou ilustrar seu discurso. Essa modalidade dava autoridade ao docente e conferia veracidade ao saber que se tentava transmitir, enquanto mantinha o estudante em uma prudente e passiva distância. Esse lugar dado ao experimento escolar — que, por diferentes razões, ainda está em vigor — estabelecia uma variedade de correlato com o lugar dado ao científico pelas correntes positivistas, em que o valor de verdade desse conhecimento tem como base a objetividade da metodologia instrumental, de natureza experimental. Nessa concepção, o experimento ocupa um lugar supremo: demonstra, conclui, hierarquiza e distingue a ciência do conhecimento filosófico, cotidiano, religioso. Superar essa concepção a respeito do experimento na escola fez surgir um debate no qual convergiram diferentes interpretações dadas aos processos de ensinar e aprender, e ao valor — epistemológico — do experimento em ciências.

Hoje coexistem diferentes posturas a respeito do lugar que o experimento deveria ocupar nas situações de ensino. Do nosso ponto de vista, é um recurso didático que não é proposto com a finalidade de motivar, nem tentar reproduzir ou mostrar como se produz conhecimento em ciências, mas é, principalmente quando realizado pelo aluno, uma estratégia para favorecer a aprendizagem. A proposta experimental, no contexto de uma sequência de ensino, pode ser uma ferramenta para entrar em contato com a distinção entre descrever e explicar e entender as relações estabelecidas entre experimento e teoria, questões que muitas vezes aparecem como aspectos totalmente distantes e, portanto, distorcidos. A imagem que os alunos têm a respeito da natureza do conhecimento científico afeta sua aprendizagem e interfere nas ideias que chegam a construir e no vínculo que conse-

1. Texto adaptado do capítulo III do livro de Ana Espinoza, *Las ciencias naturales en el aula: apuntes para la reflexión*. São Paulo: Ática, no prelo.

guem estabelecer com o mesmo. Já que forma e conteúdo de ensino não podem ser vistos como questões independentes, então, apenas realizar experimentos não é suficiente: a maneira como é proposto — as perguntas feitas, as discussões e as reflexões que possibilitamos — condicionará a possibilidade de que ele seja, realmente, uma ferramenta potente para o ensino.

A preparação das atividades experimentais dá trabalho, mesmo quando a infraestrutura necessária não é muito exigente. A maioria dos livros didáticos oferece uma quantidade considerável de experiências que podem ser realizadas com elementos de baixo custo e até mesmo dentro da sala de aula. Na verdade, o que é realmente trabalhoso em um experimento são as decisões didáticas que devem ser tomadas para sua realização. Cabe, então, perguntar quais as possibilidades que o experimento favorece e que não podem ser aproveitadas mediante a explicação do docente ou a leitura de um texto, e a partir daí refletir sobre as condições em que seria conveniente apresentá-lo. As respostas que encontrarmos para essas perguntas condicionarão a maneira como iremos propor a realização de experimentos na escola.

## O TRABALHO EXPERIMENTAL NAS PRÁTICAS HABITUAIS DE ENSINO

Desacreditada majoritariamente a experiência como “demonstração” do docente, por volta dos anos 1970 se desenvolveu em diferentes partes do mundo ocidental uma modalidade denominada “redescoberta”, na qual se propunha aos alunos a realização de experiências com a expectativa de que a manipulação dos objetos e a observação dos fenômenos permitissem gerar explicações mais ou menos próximas ao pensamento científico. Apesar da ingenuidade ou utopia dessa concepção, ainda hoje podemos encontrar expressões variadas da mesma.

Atualmente, o “bom” ensino das ciências naturais considera a realização de experiências na escola. Mas essa afirmação, compartilhada e aceita pela maioria, costuma estar apoiada na ideia de que os alunos se entusiasмам diante da proposta, pela importância de saber como os cientistas<sup>2</sup> atuam ou, fundamentalmente, por estabelecer certa semelhança entre o experimento científico e o escolar. Nos próximos itens iremos discutir essas alternativas.

2. Não incluímos um item para discutir essa interpretação porque entendemos que deve estar claro para o leitor que desconsideramos qualquer proposta de ensino na qual, consciente ou inconscientemente, se imagine que basta “mostrar” para que alguém aprenda.

### 1. Os experimentos espetaculares

Uma visão difundida sobre o valor do experimento no ensino tem como base a sedução que sua observação ou realização exerce nos alunos. Quanto mais surpreendentes forem os resultados, mais garantido será o êxito da proposta. As mudanças de cores, o surgimento de precipitados, a formação de fumaças e, em geral, a observação de um comportamento imprevisível do dispositivo desperta interesse e entusiasmo nos estudantes. Devemos reconhecer que essas situações provocam forte impacto. Vale a pena, no entanto, perguntar que possibilidades elas oferecem do ponto de vista da aprendizagem.

Se um experimento leva à observação de um fenômeno surpreendente é porque não estamos em condições de prever esses resultados, eles são inesperados. A reflexão sobre o que acontece passa então a ocupar um segundo plano, sucumbe diante da espetaculosidade. A situação se torna mágica, e o docente tem de rapidamente abandonar toda solicitação de reflexão sobre o acontecido, toda intenção de estabelecer relações com outros conhecimentos. Deverá assumir que a explicação do fenômeno poderá ser dada apenas por ele e como justaposição de um discurso teórico externo que o aluno, em todo caso, poderá aceitar. Então, que imagem ele poderá construir sobre o valor do experimento? A proposta reforça representações difundidas na sociedade na qual a teoria e a experimentação estão desvinculadas, e a ciência é vista como um conhecimento distante e difícil de ser construído pela maioria das pessoas. A espetaculosidade dos resultados e a sofisticação dos dispositivos não geram boas condições para comprometer os alunos em uma atividade intelectual ativa, necessária para aprender.

## **2. Relações entre o experimento científico e o experimento escolar**

Sustentar a atividade experimental na escola, estabelecendo um paralelismo com a atividade científica, significa desconhecer que existem diferenças importantes nas condições como as atividades são realizadas em ambas as instituições, e que elas nos colocam diante de um problema didático que o conceito de transposição didática nos ajuda a esclarecer. Para analisar essas diferenças podemos começar por nos perguntar em que contexto os experimentos são realizados na comunidade científica. A resposta não é imediata, nem única. É claro que ela depende, ao menos, da postura epistemológica e do campo disciplinar que estivermos analisando. Nesse último sentido, e até mesmo considerando apenas aqueles que utilizam como objeto de estudo o mundo natural, devemos distinguir entre a biologia, a física ou a química e, inclusive, reconhecer que existirão diferenças dentro delas devido à especificidade de cada conteúdo.

O experimento intervém, mas ele não “fala” por si só. Fala o pesquisador que olha e vê de maneira coerente ou consistente com o conhecimento de uma época. A observação não é um procedimento objetivo, mas sim fortemente condicionado pelo que já se sabe e direcionado pelas perguntas que o(s) pesquisador(es) estão se fazendo. O cientista cria um dispositivo experimental para estudar uma parte do mundo artificialmente recortada — normalmente simplificada — para esse fim. O marco conceitual autoriza tanto a realização do recorte e a pertinência das variáveis a serem consideradas como a adequação desse dispositivo para trazer um novo conhecimento, confirmá-lo ou colocá-lo em dúvida. Entre a experiência e os modelos ou teorias há a mediação de certa imaginação ou criatividade, que é limitada pelos “dados” experimentais, pelas relações estabelecidas entre eles e pela linguagem científica — vista como instrumento que interfere na construção desse conhecimento. As conclusões realizadas em um trabalho de pesquisa são em seguida analisadas pela comunidade científica que — de maneira não imediata, mas com avanços e retrocessos — tem autoridade para conferir-lhe ou não a ca-

tegoria de novo conhecimento. Em outras palavras, as maneiras de produzir conhecimento em ciências obriga a abordar não só suas condições de produção, mas também de validação.

Se na escola se propõe a realização de um experimento com a intenção de que o aluno interaja com o fenômeno em estudo, que ele observe, registre os dados e tente encontrar alguma explicação para aquilo que acontece, temos de lembrar que aquele que conhece de antemão a resposta não vê o mesmo que aquele que a desconhece. Aquele que sabe o que se propõe e para que é proposto não pode prestar atenção nos mesmos aspectos de um objeto ou de um fenômeno, comparado com aquele que o desconhece. Em oposição ao procedimento científico, temos de reconhecer então que em qualquer experimento escolar proposto pelo docente, ou que até possa ser proposto por um aluno — situação pouco comum —, o docente conhece a resposta e é ele quem valida a produção de seus alunos. Essa última condição favorece uma atitude dependente dos estudantes, que trabalham sob o “olhar” do docente a quem costumam pedir com muita frequência aprovação da tarefa realizada. Retomamos a menção feita em parágrafos anteriores sobre o fato de que o cientista produz conhecimento novo, para acrescentar que o aluno, apesar de tudo, consegue recriar algo já estabelecido. Também dissemos que o cientista dispõe de um saber que lhe permite formular as perguntas que orientam seu trabalho, desenhar o dispositivo experimental, pressupor as variáveis que faria sentido conceber, reconhecer quais resultados são consistentes com o conhecimento acumulado...

Quando, por exemplo, se trabalha na escola com um pêndulo, costumamos solicitar aos alunos que o movimentem para os lados em diferentes ângulos, que meçam o tempo das oscilações ou que modifiquem o comprimento do fio para determinar o que ocorre em cada caso. Tudo isso será solicitado pelo docente, já que dificilmente os estudantes poderiam propor tais procedimentos por si próprios. Normalmente no início das aulas os alunos se informam por meio de um roteiro de trabalho sobre o que devem fazer e registrar, se devem responder perguntas ou formular uma conclusão ou explicação. No entanto, quando se trabalha com molas, a variável que se considera é o valor dos pesos que são colocados. É bem provável que a maioria dos alunos consiga assumir o comportamento esperado; mas será que eles entendem para que o trabalho está sendo proposto, por que, no caso do pêndulo, a questão é modificar o ângulo com o qual se movimenta e com as molas o valor do peso?

O aluno está “às cegas”; no melhor dos casos consegue resignar-se, ler e escutar as orientações ou perguntas do docente; ele se adapta. A utilização de um roteiro do trabalho a ser realizado, que tende a organizar a proposta e a diminuir a incerteza do aluno, também limita sua autonomia porque deixa pouca margem para imaginar outros procedimentos e outras perguntas. A situação poderia ser analisada a partir do funcionamento de um contrato didático<sup>3</sup> que condiciona o sentido atribuído à proposta. Em outras palavras, com a utilização de um roteiro corre-se o risco de que entendam que aquilo que devem fazer já está escrito e que essa

3. Lembramos que o conceito permite utilizar como objeto de estudo o comportamento dos participantes de uma aula para entender quais conhecimentos se favorecem para cada tema, o que os alunos interpretam a respeito daquilo que se espera deles, qual é sua responsabilidade etc.

antecipação sobre o que irá ocorrer na aula pode ser realizada pelo docente, porque aquilo que efetivamente acontecer depende apenas de seu trabalho, sem que os alunos participem dele. A situação não favorece uma atitude intelectualmente ativa do aluno porque dá margem para que interprete que sua responsabilidade é cumprir essas indicações da maneira mais ajustada possível. Então, dizer que se corre um risco não significa afirmar que não se deve ou não se pode nunca utilizar um roteiro. É impossível antecipar em quais casos (pelo histórico escolar, pela dificuldade que a realização da proposta apresenta...) a utilização dessa ferramenta poderia ser conveniente. Tentamos apenas provocar uma reflexão sobre os posicionamentos que ela pode favorecer e, apesar de tudo, pensar em formas de sair dessa encruzilhada.

Essas questões, por si só, já distanciam claramente o experimento na instituição escolar e na comunidade científica. Qual é então o lugar da atividade experimental no ensino? Em que sentido ela deveria manter alguma proximidade com o experimento em ciências e em quais aspectos o distanciamento é inevitável? Sob quais condições didáticas a atividade experimental aparece como um cenário fértil para a aprendizagem?

## LIMITAÇÕES E ALCANCES DA PROPOSTA EXPERIMENTAL

É extremamente difícil para o docente, que já dispõe de uma explicação, distanciar-se daquilo que sabe para entender as interpretações que poderiam realizar aqueles que não estão familiarizados com essas ideias. Mesmo no caso em que não esteja intimamente relacionado com o conhecimento em jogo e de que esse experimento não tenha sido elaborado por ele, a maneira como costuma ser apresentado nos livros de textos — de onde o obtém e onde está “explicado” — dá a ele *status* de evidência empírica. A naturalização dos dados coletados na observação do fenômeno selecionado e das relações estabelecidas entre eles é um dos principais problemas para visualizar outras interpretações possíveis. Entre os méritos atribuídos à proposta experimental está, justamente, o de dar-lhe *status* de evidência. Está implícita a suposição de que todos “vemos” a mesma coisa, a ilusão de que basta mostrar para ver, acreditar e aprender.

Essa situação gera sérios problemas no ensino. Como a distância, que inevitavelmente existe entre os conhecimentos que o docente possui e os conhecimentos do aluno, pode interferir? O que o docente deixa de lado, já que para ele a leitura dos dados do experimento é óbvia? Como compromete sua aprendizagem aquele que desconhece o projeto de ensino? Nesse sentido, devemos lembrar que um mesmo experimento pode ser utilizado para o ensino de diferentes conteúdos. Assim, acrescentando açúcar à água e com pequenas variantes, nem sempre visíveis para o aluno, podemos propor um estudo sobre a natureza descontínua da matéria, a solubilidade ou a condutividade elétrica.

A relação que docentes e alunos mantêm com o conhecimento é assimétrica. No en-

tanto, embora essa assimetria seja verbalmente aceita, nem sempre se tem em mente o impacto que provoca na possibilidade de aprender.

### 1. Devolução do problema

Conseguir que os alunos possam reconhecer e se sentir convocados pelo problema que propomos, para iniciar o estudo de um tema, exige um trabalho didático importante. Nas palavras de Joshua e Dupin (2005)<sup>4</sup>:

*À noite o céu é negro para todo o mundo:<sup>5</sup> somente em uma aula de física essa cor se transforma em um “problema”. Então, esse problema, primeiro e antes de qualquer coisa, é um problema científico. Mas ele também é um problema didático, porque acontece na escola, na aula de física, para aprender física [...].*

Na análise desse trabalho didático, ao qual nos referimos, está presente o conceito de “devolução”. Em outras palavras, estamos nos referindo ao contrato didático que se estabelece para o ensino de alguns conteúdos e que exige certa ficção. O termo “ficção” é utilizado aqui em um sentido didático e remete à necessidade de gerar na sala de aula um cenário no qual, temporariamente, os alunos ajam como se não soubessem que o docente já dispõe da resposta para o problema apresentado. As condições nas quais se propõe o ensino afetam a possibilidade de que se crie esse cenário, onde tudo funciona como se não acontecesse o que todos os participantes “sabem” que, na verdade, acontece. Se os alunos não entram nesse jogo, então têm de buscar respostas para dar a quem já as conhece, e essa é uma questão que inevitavelmente diminui o entusiasmo e condiciona a busca a tão somente o encontro da resposta “correta”. É claro que a simulação à qual estamos nos referindo não deveria ser explicitada como tal, já que sua exposição violaria as regras desse jogo.

O conceito de devolução é uma ferramenta para pensar na maneira como se contextualiza o experimento: como se propõe, o que se diz ao aluno para que ele entenda o projeto de ensino, como incluir em uma sequência o que se faz antes e depois dele. Quando falamos de “contextualização” não estamos trocando o nome da reconhecida e tradicional “motivação”, segundo a qual, para gerar interesse, devemos possibilitar o acesso à informação ou mencionar alguma situação que o aluno consiga visualizar como próxima a ele no início do ensino. Assim utilizada, como motivação, a situação funcionaria como a apresentação de um exemplo ou de um caso relacionado de alguma maneira com o tema, que poderia ser atrativo, mas que é abandonado no decorrer da sequência sem que seja um suporte para o desenvolvimento do conhecimento. Estamos, portanto, propondo uma ideia de contextualização como situação — espaço no qual se propõe o experimento e que pode ser sustentada, entendida, reformulada ou enriquecida com o desenvolvimento da proposta de ensino. A contextualização pode tanto vir do referente social, amplo, do aluno, como de um contexto disciplinar, mais restrito.

No próximo item incluímos reflexões sobre uma proposta experimental idealizada em uma sequência para o ensino de algumas ideias da teoria cinético-molecu-

4. Joshua, S.; Dupin, J. J. *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*. Buenos Aires: Editorial Colihue, 2005.

5. Embora na vida cotidiana as pessoas não se façam espontaneamente perguntas sobre o fenômeno — ele está totalmente naturalizado —, a escuridão da noite foi vista como um problema a ser resolvido no campo da física.

lar, com alunos de doze, treze anos. O tema — como a matéria é formada, como é esse interior inacessível aos sentidos — está claramente inserido na proposição de Joshua e Dupin: “[...] esse problema, primeiro e antes de qualquer coisa, é um problema científico. Mas também é um problema didático, porque é lançado na escola, na aula de física, para aprender física”. Como é um sólido em seu interior, em que ele se diferencia de um líquido...? Essas não são perguntas que um aluno faça espontaneamente; elas exigem um trabalho didático importante para que o processo de devolução aconteça.

## REFLEXÕES SOBRE UM EXPERIMENTO NO CONTEXTO DE UMA SEQUÊNCIA

A sequência à qual gostaríamos de nos referir foi proposta para ensinar algumas ideias defendidas pela teoria cinético-molecular sobre a formação da matéria.<sup>6</sup> As considerações sobre a idade dos alunos, seu histórico escolar e os obstáculos conceituais que deveriam ser mobilizados nos levaram tanto a refletir sobre os conteúdos que deveríamos incluir como a tornar mais precisas as seguintes ideias da teoria como objeto de ensino:

- A matéria é formada por unidades — partículas — invisíveis e em contínuo movimento, independentemente de seu estado de agregação (sólido, líquido ou gasoso).
- Os modelos para os estados sólido, líquido e gasoso, que se diferenciam entre si pela mobilidade do sistema de partículas e, portanto, pela interação entre elas.
- A potencialidade dessas ideias para interpretar grande parte dos fenômenos naturais: as mudanças de estado, a dilatação, a dissolução etc.

Sabíamos que para muitos alunos — a maioria — alguns conceitos envolvidos na proposta seriam bem estranhos. Uma questão é falar daquilo que não se vê a olho nu e outra daquilo que sequer se vê com um microscópio, como é o caso das partículas. Mais estranho ainda seria conseguir falar do tamanho e da mobilidade dessas partículas ao mesmo tempo em que se defende que elas não são vistas. Poderíamos acrescentar que a imagem de um sólido habitualmente associada às suas características observáveis, como sendo uma estrutura rígida, resistente, vai contra o modelo proposto pela ciência que diz que suas partículas se encontram em permanente movimento.

Esclarecemos que a existência do vazio está indissociavelmente ligada à ideia de descontinuidade. Se a matéria é formada por unidades, então entre uma e outra deverá existir espaços sem ela. Decidimos, no entanto, não incluir esse conceito como objeto de ensino por várias razões:

- A dificuldade para conceituar o vazio foi um obstáculo — denominado de “horror ao vazio” — que afetou durante muito tempo as concepções sobre a matéria, o universo, o deslocamento dos fluidos em sentido contrário à ação gravitacional... No século IV a.C. Aristóteles defendia a existência de um universo sem vazio. Foi muito tempo depois, na segunda metade do século XVII, que a ciência moderna apresentou conhecimentos para aceitar a existência do vazio.

6. Esse trabalho foi desenvolvido entre os anos 2000 e 2001 no Colegio Martín Buber, e durante o ano de 2002 na Escola Albert Schweitzer, na cidade de Buenos Aires, e com algumas modificações na Escola 304 de Carmen de Patagones durante o ano de 2007. Em todos os casos em que a sequência foi estudada, os alunos nunca haviam recebido educação formal sobre o tema. O estudo faz parte da pesquisa “La lectura en sociales y naturales: objeto de enseñanza y herramienta de aprendizaje”, dirigida por Beatriz Aisenberg. A equipe que pesquisa na área de ciências naturais e que trabalhou na coleta e análise dos dados incluídos foi coordenada por Ana Espinoza e contou com a participação de Adriana Casamajor, Egle Pitton, Silvina Muzantti, Ianina Gueler e Teresa Blanck. A pesquisa continua com a direção de Delia Lerner e codireção de Beatriz Aisenberg e é desenvolvida no Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ciencias de la Educación da Facultad de Filosofía e Letras de la Universidad de Buenos Aires (UBA). É reconhecida pela Comisión de Ciencia y Técnica de la UBA.

→ Sua concepção é marcadamente anti-intuitiva a partir do momento em que não temos tal percepção: podemos ver e tocar a matéria, mas nunca contatamos com o vazio. Em nossa experiência de trabalho com alunos de idades próximas descobrimos que quando pedíamos que realizassem uma representação do ar contido dentro de um recipiente fechado por meio de um modelo, na maioria dos casos utilizavam pontinhos bem separados para indicar a existência das partículas formadoras do gás. Mas, quando perguntávamos o que havia entre uma partícula e outra, eles começavam a preencher essa distância com o acréscimo de mais pontinhos, questão que finalmente levaria a um contínuo da matéria.

Embora possamos entender que as razões anteriores não são conclusivas para não incluir o conceito de vazio como objeto de ensino, avaliamos que para uma primeira aproximação devíamos aceitar que essa e outras ideias propostas pela teoria poderiam ser deixadas de lado até que o tema voltasse a ser incluído em anos posteriores, entre outras questões porque tudo o que deveria ser comunicado seria difícil de ser conceitualizado. Essa decisão foi o resultado de discussões interessantes no grupo que elaborou a sequência, cuja intenção era entender o efeito que atribuímos a ela para realizar tal recorte do conhecimento.

Além de definir os conteúdos de ensino, o trabalho didático teria de decidir sobre as condições em que apresentaríamos esses conteúdos aos alunos. Demos importância a propor situações de ensino que fizessem parte da resolução de um problema e, conforme já mencionamos, essa interpretação supõe que essa contextualização permitirá conceber a funcionalidade do conhecimento e ajudará a encontrar sentido para ele. Entendemos que uma situação pode se tornar uma alavanca da aprendizagem, desde que cumpra a condição de que o estágio de conhecimento do aluno permita que ele a interprete, mas não que a resolva de maneira imediata. Para que a situação proposta consiga se tornar um desafio, o aluno deve entender o problema.

Em concordância com esse pressuposto geral, essa sequência obriga a refletir sobre uma questão central a ser resolvida: como apresentar aos estudantes um tema sobre o qual provavelmente nunca se fizeram perguntas, sobre o qual não pensaram e, talvez, nem tenham interesse. Dizendo de outra maneira: como conseguir que os alunos se sintam convocados e então possam se responsabilizar por sua aprendizagem, como favorecer a devolução do problema.

O trabalho experimental ocupa um lugar importante na proposta, que também inclui momentos de leitura e escrita.

### **1. O experimento para pensar e imaginar**

O trabalho experimental selecionado consistiu em observar e manipular um pedaço de parafina (cera de vela), provocar depois mudanças pelo efeito do calor e coletar informação sobre como esse material se comporta nessas condições. Não pretendíamos que a partir da experimentação os alunos conseguissem descobrir como se supõe que é o interior da matéria, mas gerar um clima de debate, de discussão de alternativas, que permitisse começar a fazer suposições ou imaginar como de-



vem ser os materiais em sua “intimidade”, questão que, reiteramos, está muito distante do universo de um aluno no nível da escolaridade selecionado. O experimento foi proposto como estratégia para começar a pensar, a poder refletir.

Quando se submete um sólido à ação do calor e este derrete, podemos esperar uma variedade de respostas de um aluno de doze ou treze anos colocado diante da demanda de uma explicação: o sólido derrete pelo efeito do calor, se queima, se dissolve, se transforma em líquido, se desintegra... Mas se em seguida perguntamos o que estará acontecendo dentro do material durante essa transformação, como ele imagina o interior do sólido e do líquido, ele normalmente não consegue pensar em uma resposta. Durante a formulação da sequência antecipamos que a tendência da maioria dos alunos seria realizar uma “descrição” do experimento, como as que mencionamos anteriormente, porque entenderiam que essas expressões são uma explicação do fenômeno. Nesse caso — como em muitos em ciências naturais —, o conhecimento a ser ensinado não é facilmente comunicável e é um exemplo no qual a dificuldade está em entender a pergunta. Imaginamos que se o docente formulasse o problema a ser resolvido em termos de como serão os materiais em seu interior, do que são feitos, como será aquilo que não conseguimos observar, alguns alunos teriam respostas e outros poderiam utilizar termos como: átomos, moléculas, partículas, células... Ou seja, que eventualmente repetissem palavras que escutaram na escola ou fora dela, mesmo dando-lhes um significado muito distante daquele que se propõe a ensinar. Essa caracterização *a priori* é coerente com o fato de que a explicação do experimento que estamos buscando constitui o objeto de ensino. O aluno não consegue entender a pergunta, não entende o que está sendo pedido a ele, porque isso somente é possível quando se concebe a existência de modelos ou teorias explicativas. Isto é, quando se aceita recorrer a construções teóricas para interpretar de que maneira ocorre determinado fenômeno. Para entender o problema o aluno deve reconhecer as diferenças entre descrever um fenômeno e explicá-lo. O observável equivale à descrição que uma criança é capaz de realizar nesse nível de escolaridade. A explicação equivale aos modelos e às teorias, que é o que se quer ensinar. A sequência à qual nos referimos tem justamente a intenção de que os alunos cheguem à ideia de que a matéria é formada por unidades discretas, com um tamanho tão pequeno que é inobservável e que, além disso, estão permanentemente em movimento, mesmo no estado sólido. Ou seja, a sequência é proposta para ensinar os modelos e a teoria.

Poderíamos pensar que uma alternativa seria iniciar o projeto de ensino com a leitura de um texto expositivo que abordasse o discurso elaborado pela ciência sobre a formação da matéria. Mas como é possível interpretar aquilo que um modelo teórico comunica sem que os alunos disponham do conceito de modelo, nem entendam o que é que se torna modelo e, inclusive, a necessidade de se fazer esse modelo? Então, a partir do ensino, a dificuldade consiste em gerar condições que permitam percorrer esse caminho até a compreensão. Portanto, propor um experimento poderia ser pensado como uma alternativa interessante porque ele geralmente é um recurso para observar, manipular, pensar, discutir e argumentar. Mas

se, nesse caso, consideramos que existe uma grande distância entre o observável e a natureza daquilo que se diz para explicá-lo, o que um aluno poderá entender sobre a relação teoria-experimento? Que condições didáticas poderiam colaborar com a construção de que um modelo não pode ser deduzido naturalmente da observação dos fenômenos, quando a proposta experimental utiliza de maneira muito marcante esse procedimento? Como contextualizar o experimento?

Decidimos unir fortemente o experimento à pergunta sobre a possibilidade de dividir a matéria indefinidamente, questão que resolvemos mediante a leitura de um texto curto.<sup>7</sup> Em outras palavras, propusemos uma contextualização interna. Poderíamos dizer que estamos falando em situar ou “contextualizar” logo de cara o experimento na pergunta geral, para a qual se daria uma resposta na medida em que vão adquirindo o conhecimento que se quer ensinar. Partindo desse ponto de vista, a situação contém alguma anormalidade:

- ⇨ Por um lado, aquilo que em geral denominamos de “contextualizar” se refere a situar um conhecimento em um marco singular, enquanto aqui se refere a encaixar no generalizável. A ideia então seria contextualizar o experimento naquilo que estamos propondo indagar, mesmo estando convencidos de que, independentemente da pergunta formulada, ela não será facilmente aceita.
- ⇨ Por outro lado, a devolução do problema para a classe também adotaria aqui um sentido particular, mas deveríamos aceitar que não acontecesse de forma imediata e apostar que ocorresse durante a sequência. O problema a ser resolvido era, então, gerar um cenário no qual a devolução do problema fosse crescendo. A dificuldade era entender melhor como é e como se cria esse cenário.

## 2. Um experimento exige um cenário

Reconhecer a complexidade — inacessibilidade — da pergunta inicial da sequência fez com que se provocasse um movimento durante a realização do experimento que permitisse criar um cenário onde os alunos tivessem, realmente, possibilidades de intervir. Embora o experimento fosse proposto com a instrução geral de começar a pensar, a imaginar como seria a matéria em seu interior, pouco antes de iniciar o trabalho seriam apresentadas outras questões, mais acessíveis, que pudessem contribuir para gerar esse clima de intercâmbio e discussão que estávamos buscando. Elaboramos uma atividade simples — não alheia ao conhecimento cotidiano, sem resultados espetaculares, cujo procedimento não exigiria instrumental sofisticado —, tanto para diminuir a sedução pelos aspectos mágicos desse tipo de trabalho como seus componentes lúdicos. A docente apresentaria a situação sem distribuir um roteiro sobre os diferentes passos do trabalho.

Decidiu-se distribuir aos alunos os pedaços de cera de vela (parafina), sem mencionar que material era, para que eles mesmos pudessem caracterizá-lo por meio de sua manipulação, e registrar suas observações. Esse passo foi proposto para favorecer seu posterior reconhecimento, quando a parafina esfria e volta a se solidificar. Esperava-se, dessa maneira, oferecer elementos para refletir diante da ideia, comum entre os alunos, de que ao aquecer e obter um líquido transparente e inco-

7. O texto selecionado é um fragmento do capítulo “Matéria” do livro *Átomo. Viagem através do cosmos subatômico*, de Isaac Asimov. Barcelona: Editora Plaza & Janés, 1992.

lor está se obtendo água. Seria possível dizer que ainda mais simples que utilizar parafina teria sido trabalhar com gelo. Embora concordássemos com essa ideia, a escolha obedeceu justamente à necessidade de propor caminhos que oferecessem diferentes interpretações com a intenção de criar um conflito. Lembramos que no capítulo I<sup>8</sup> fizemos menção à dificuldade de distinguir quando uma substância muda ou continua sendo a mesma. Para quem dispõe de conhecimento da área, defender que o gelo e a água líquida são a mesma substância é quase uma coisa óbvia, e é assim que essa ideia é transmitida.

O procedimento continuava com a determinação do peso dos pedaços de cera dentro de um *becker* (ou béquer) e seu posterior aquecimento. Depois, quando começasse a derreter, enquanto os alunos observavam e anotavam, seria proposto: se voltassem a pesar quando todo o sólido estivesse derretido, o valor obtido seria igual, maior ou menor que o inicial? Sabíamos que alguns alunos pensariam que no estado líquido o peso é menor que no sólido, devido à aparência mais “consistente” deste último; que outros imaginariam que poderia pesar mais, dado que o líquido se desloca para a parte inferior do recipiente e que essa localização costuma colaborar com tal interpretação; assim como outras crianças poderiam imaginar que o peso não mudaria nada devido ao fato de que nada foi tirado ou acrescentado. Na realidade, esse passo do procedimento não é estritamente necessário para pensar na formação da matéria, mas nos interessava porque entendíamos que iria contribuir para esse cenário de debate e de discussão em questões para as quais seria possível encontrar uma resposta de maneira experimental, já que a pesagem posterior iria decidir qual de todas as antecipações era a correta. Na idade dos alunos com os quais estivemos trabalhando, o conceito de conservação da matéria ainda apresenta algumas dificuldades nas transformações em que o volume, o estado de agregação ou as substâncias mudam. A aquisição do modelo de partículas para a formação da matéria favorece a apropriação desse conceito a partir de uma visão teórica, ideia que deveríamos retomar em diferentes momentos, quanto mais avançada fosse a sequência.

O planejamento previa voltar a aquecer a cera — que estaria em estado sólido — até o surgimento de vapores. Pensávamos que a névoa — visível — ajudaria a refletir sobre a nova mudança de estado e a voltar a analisar o que aconteceria com a pesagem nesse caso. A maioria dos alunos nesse nível da escolaridade costuma interpretar, corretamente, que a diminuição da quantidade de matéria observável não se deve ao desaparecimento do líquido, mas à sua transformação em vapor. Essa interpretação é favorecida, nesse caso, pela percepção da névoa<sup>9</sup> e de seu cheiro característico. No entanto, a maneira como se propunha a atividade deveria considerar que se a ideia de desaparecimento da matéria existia em algum aluno, este poderia expressá-la livremente para ser posta em discussão com o restante de seus companheiros. A névoa poderia favorecer, mais que o estado líquido e o sólido, a interpretação de que a matéria é formada por pequenas “coisinhas” (unidades, partículas etc.). Essa ideia, que estávamos buscando, sobre a qual esperávamos que os alunos comesçassem a pensar, talvez fosse o único objeto de discussão

8. A autora se refere a capítulo do livro *Las ciencias naturales en el aula: apuntes para la reflexión*.

9. A menos que seja colorido, o vapor não pode ser visto. Essa questão gerou várias discussões durante o planejamento do experimento, pois quando a névoa aparece é porque a parafina já não se encontra como vapor. Decidimos não favorecer interações sobre esse aspecto, uma vez que o experimento tinha outro sentido.

que não deveria ser fechado antes da leitura do texto que prevíamos realizar ao avançar a proposta. Estava claro que o tamanho que se poderia chegar a atribuir nesse momento a essas “coisinhas” seria bem diferente daquele que a teoria científica atribui às partículas, entre outras razões porque essa última diz que não podem ser vistas.

Nesse caso a proposta experimental adota o sentido de problematizar e se aproximar de uma temática distante para o aluno. A sequência prevê, finalmente, que os estudantes leiam um texto para conhecer as ideias que a ciência apresenta sobre a formação da matéria.

### 3. A intervenção docente e o sentido do experimento

Criar um cenário no qual seja possível que os alunos “falem” sobre o não observável a partir do observável, que a discussão se instale no grupo e surjam diferentes alternativas para interpretar as observações registradas, exige que a atitude do docente seja, na medida do possível, a de permitir que os alunos percorram seus próprios caminhos. Supõe-se que durante o trabalho o docente não deveria estar de acordo nem desconsiderar nenhuma das interpretações dos alunos, mas sim encorajar a intervenção de todos e as discussões entre eles. Ao contrário do que se poderia pensar, a proposta demanda uma intervenção docente importante:

- ...→ Que ajude os alunos a observar. Por exemplo: vocês prestaram atenção em...? Estou vendo umas bolhinhas, vocês as registraram? Anotaram como são, onde se formam...? Observem o interior do líquido, conseguem distinguir um movimento...?
- ...→ Que convide a repetir partes do experimento. Por exemplo, isso que vocês anotaram aqui, todos estiveram de acordo? Em outro grupo essas anotações não coincidem; vamos repetir esta parte do procedimento?
- ...→ Que favoreça certas discussões (principalmente aquelas que denotam estar utilizando as observações experimentais realizadas).
- ...→ Que proponha ao grupo que pense ou desenhe algum procedimento para verificar aquilo que está sendo discutido e que desconsidere ou decida dar respostas pontuais diretas ou informações parciais a questões que surjam entre os alunos, que possam mudar a direção do projeto de ensino...

Conforme dizíamos no início, a realização de experimentos na escola obriga a realizar um trabalho didático intenso. Entendemos que o tempo empregado nas inumeráveis reflexões envolvidas oferece grandes oportunidades de aprendizagem não só para os alunos, mas também para o docente. A proposta experimental vale aquilo que custa.