

AS AULAS DE CIÊNCIAS E O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS FÍSICOS

SCIENCE CLASSES AND THE DEVELOPMENT OF PHYSICAL MODELS

Jesuína Lopes de A. Pacca 1

Anne L. Scarinci 2

1USP/IF/ jepacca@if.usp.br

2USP/FE/ l.scarinci@gmail.com

Resumo

Foram investigadas algumas características que pode ter uma aula de física com foco na compreensão da teoria através da construção de modelos. Como dados, foram analisadas quatro atividades planejadas e aplicadas por professores de física de ensino médio, a partir de seus planos de aula. A ênfase deu-se nos caminhos de condução da aula, em direção à construção do modelo, segundo idéias de Bachelard sobre a construção do conhecimento científico. Como resultados, observou-se que, apesar de diferenças como o posicionamento da atividade dentro da seqüência pedagógica e estilos utilizados, houve em comum o ponto de partida na fenomenologia e a busca, a partir do concreto, de indícios passíveis de serem interpretados com o modelo físico almejado em construção. A teoria de Bachelard sobre a construção do conhecimento físico nos permite localizar nessas aulas etapas desse processo que levariam à modelagem dos fenômenos naturais e à formalização matemática.

Palavras-chave: Construção do conhecimento científico, epistemologia bachelardiana, ensino de física a partir de modelos.

Abstract

This paper analyses some characteristics that a physics class may have, with focus on the comprehension of the theory through construction of models. Data consisted of four activities that were planned and carried out by high school physics teachers, with emphasis on the paths in class conduction, in the direction of the model development, according to Bachelard's ideas on construction of scientific knowledge. As results, we have observed that, in spite of differences, like positioning of the activity within the pedagogical sequence and styles utilized by each teacher, there was in common the starting point on phenomenology and the searching for clues that could be interpreted by the aimed physical model in construction. Bachelard's theory about construction of knowledge allows us to locate in these classes steps of this process that would take to modeling of natural phenomena and mathematical formalization.

Keywords: construction of scientific knowledge, Bachelard's epistemology, physics teaching through models.

INTRODUÇÃO

Existe um certo consenso quanto à má qualidade do ensino de ciências e à falta de professores preparados para ensiná-la. Olhando para o eixo ao redor do qual se desenvolve um plano de aulas de ciências, constata-se com frequência que o professor consegue repetir o que se encontra nos livros sem, no entanto, perceber a proposta por trás daquela escolha de conteúdos e da organização das seqüências ou capítulos. A escolha do material didático pelo professor poucas vezes é acompanhada de uma reflexão quanto à concepção de realidade veiculada e quanto ao significado e potencial da teoria física representada. As aulas assim resultam em um formalismo “seco”, com aparência de uma matemática nem sempre simples e notavelmente descolada da fenomenologia. A realidade da qual as teorias pretendem dar conta parece estar longe daquela heurística que representa de fato um modelo físico, e que a consciência do professor não atinge.

Retomando projetos desenvolvidos no século XX para o ensino da Física, detemo-nos em alguns mais conhecidos e difundidos para um olhar sobre a proposta que encerram. O PSSC explicita com clareza o papel dos modelos para o aprendizado e prevê situações específicas onde experimentações se servem ao ensino de um modelo físico, acompanhadas de discussões e problemas que reforçam essa proposta. O PEF, projeto brasileiro de um período semelhante, focaliza o papel da experiência e das observações empíricas para fazer uma relação com o formalismo matemático de descrição de um fenômeno: as atividades propostas são essencialmente experimentais e as fórmulas matemáticas são introduzidas com base nas observações e nas medidas que o aluno realiza. Já o GREF, manual que também privilegia a ação do aprendiz junto ao fenômeno, inverte os momentos e apresenta o formalismo, discutindo como pode ser aplicado e associado a exemplos e aplicações. O manual de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo, como também a coleção de Alberto Gaspar, se olhados sob essa ótica, também apresentam o caminho *conceito* → *formalismo e aplicação para situações reais*.

No entanto, o que os projetos e os manuais didáticos em geral não deixam explícito é a possibilidade de desenvolver a idéia de construção do modelo físico pelo aluno, no decorrer das atividades que se sugere para as aulas. Mais ainda, os eventuais “guias” do professor nem mesmo se referem à intenção do projeto operacionalmente.

Alguns projetos foram fonte de inspiração para a elaboração de vários outros manuais didáticos usados hoje (como o GREF, por exemplo, orientou fortemente a elaboração da coleção didática do programa São Paulo Faz Escola, utilizado nas escolas públicas paulistas). A utilização que se faz em sala de aula desses manuais parece que se encaixa em uma de duas concepções epistemológicas – ou se considera que o conhecimento científico surgirá espontaneamente da observação detalhada de um fenômeno (empirismo); ou então se pressupõe que a apresentação e exemplificação de um modelo será suficiente para que o aprendiz substitua suas velhas concepções pelo que o professor lhe expõe, e passe a utilizar os modelos “ensinados” como ferramenta de interpretação da realidade e resolução de problemas.

A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Embora muitos autores ligados à filosofia da ciência tenham se manifestado a respeito do que concebem ser o processo de construção/aprendizado de uma teoria científica, o trabalho que apresentaremos pauta-se na descrição que Gaston Bachelard apresenta sobre o processo de construção de uma teoria científica.

Bachelard sublinha que a construção do conhecimento científico segue etapas que passam “*primeiro da imagem para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata*” (*ibid*, 1996, p.11). A cada passo, galga-se um degrau de abstração. À *imagem*, Bachelard se refere à fenomenologia primeira, à observação do empírico. O último passo, a *forma abstrata*, na física, é uma teoria, usualmente descrita em linguagem matemática.

A *forma geométrica* é a etapa intermediária da construção do conhecimento, e corresponde à formulação de um **modelo físico**. Trata-se de uma simplificação da imagem, que, embora possa carregar consigo algo que lembra a situação particular a partir da qual foi construída, seleciona aspectos a serem considerados relevantes e outros a serem desprezados.

O modelo não é cópia do real, mas já representa uma interpretação, do que decorre que um mesmo fenômeno pode acarretar, para indivíduos diferentes, interpretações diversas, sendo a científica uma das possibilidades.

A construção de um modelo físico requer a apropriação de uma epistemologia própria, às vezes bem distante do senso comum (Bachelard, *ibid*). Usando elementos tanto do fenômeno quanto da teoria, o indivíduo concebe entidades específicas que devem compor a natureza, bem como relações entre elas, que regem seu comportamento e se mostrem capazes de responder à pergunta à natureza que norteou a experimentação.

Um dos objetivos do ensino de ciências é que o aprendiz aprenda a utilizar essas entidades para interpretar os fenômenos, ou seja, (re)construa os modelos físicos utilizados pela ciência. Isso requer que ele aprenda a linguagem específica e os significados precisos (com o cuidado de que uma linguagem apropriada pode estar sendo usada com significados diferentes daqueles científicos).

Embora haja grande consenso da necessidade do protagonismo do sujeito em seu aprendizado (Piaget, 1997, Vigotski, 2000, Freire, 1996, entre outros) não se pressupõe que ele consiga, por si só, estabelecer todas as articulações entre os conceitos para recriar um modelo científico, pois as entidades recém-aprendidas são ainda frágeis na estrutura mental do indivíduo e as velhas formas de conceituação ainda convivem com as novas.

A figura do professor atua nessa intermediação (Santos, 1991). Ele deve ser capaz de recuperar a pergunta que norteou a construção de determinado conceito e de conduzir o olhar do aluno para que ele passe a “ver” o fenômeno com as lentes do modelo científico, conseguindo dar significado às entidades que a ciência criou como estruturantes do mundo.

A PESQUISA

Estamos interessados em investigar que características pode ter uma aula de física que consiga dar significado às teorias científicas a serem ensinadas. Sugerindo esse foco na compreensão da teoria através da construção de modelos, tomamos algumas atividades planejadas e aplicadas por professores de física de ensino médio e analisamos como contemplam esse enfoque, especificamente em relação ao caminho para a construção do conhecimento apresentado por Bachelard.

Escolhemos professores que participam de um programa de formação contínua, população que nos pareceu adequada porque dentre os objetivos desse programa consta o enfoque no desenvolvimento de modelos e na compreensão destes como instrumentos, limitados e operacionais, que simplificam a realidade privilegiando alguns aspectos e comportamentos dos fenômenos.

O programa de formação contínua acontece na USP, sob guarda-chuva de um projeto de pesquisa apoiado pela FAPESP. Os participantes são em número de 14, dos quais dez são professores de física para a Escola Básica (e os demais são o formador e três pesquisadores participantes). Nas reuniões de formação, que são semanais e com duração de seis horas, os professores relatam as aulas dadas e planejadas, submetendo-as à apreciação do grupo e comentários do formador. O grupo conta com um espaço para desenvolver novas atividades, baseando-se no *feedback* de dificuldades e dúvidas expressas pelos alunos.

Selecionamos quatro atividades, descritas por quatro participantes do curso, aqui designados por SUE, GIN, ROS e MAR. Tais atividades foram não apenas relatadas, mas também apresentadas aos demais participantes do grupo antes e após serem levadas para a sala de aula.

Procuramos caracterizar o foco dessas aulas baseando-nos nos significados das teorias em ciências e apelando para a compreensão que os professores expressam sobre essas teorias em suas atividades de classe, e como transmitem aos alunos concepções sobre a construção do conhecimento científico, no que se refere à elaboração de modelos/teorias e sua coerência com a realidade observada e à possibilidade de construir a heurística necessária para aplicações e resolução de problemas.

A informação que procuramos na análise foi quanto ao eixo que segue uma aula e o foco valorizado quando o professor pretende construir uma teoria física com seu aluno.

Os conteúdos das aulas analisadas eram de eletromagnetismo, tema que estava sendo estudado pelos professores no programa de formação e desenvolvido em suas aulas.

ANÁLISE

Os objetivos específicos eram diversos, porém focalizados nos conceitos básicos da eletricidade e do formalismo correspondente. As aulas descritas representam uma pequena parte do planejamento global dos professores, mas todas estão centradas no objetivo principal de “enxergar” a estrutura microscópica que está por trás dos fenômenos observados, através de modelos sugeridos pela observação e representar formalmente os fenômenos atribuindo significado às representações usuais. Cada uma das quatro aulas expressa alguns desses aspectos:

Aula de SUE:

Foi uma aula de abertura para o estudo de eletricidade, cujo eixo seria estudar o conceito de corrente elétrica, partindo das manifestações observáveis da movimentação de cargas elétricas. SUE planejou uma aula experimental, em que um fio de cobre seria submerso em uma solução de nitrato de prata. Os alunos deveriam observar a mudança de cor da solução (de incolor para azulada) e o depósito de prata metálica ao redor do fio de cobre (figura 1). Quando retirassem o fio da solução, deveriam também perceber que o interior (onde havia o cobre metálico) estava oco – ou seja, que o cobre do fio fora para a solução.



Figura 1: depósito de prata ao redor do fio de cobre, em solução.

Os objetivos específicos da atividade, segundo SUE, foram:

“i) entender os materiais ‘vistos por dentro’, utilizando um modelo cinético de partículas, a partir da idéia fundamental de que a matéria é feita de pequeníssimas partículas que interagem entre si com força eletrostática de atração e repulsão; e ii) refletir sobre a natureza elétrica da matéria, com ênfase na ligação metálica e na organização geométrica de seus constituintes.”

SUE fez perguntas como – “*por que se formam fios compridos? Qual substância está se formando? Onde essa substância estava? Tem brilho? Por quê?*” Em seguida, orientou a busca pela interpretação do fenômeno, em que os alunos recorreriam à tabela periódica e à tabela de ânions e cátions, no intuito de construir um **modelo microscópico** das substâncias envolvidas, chamando a atenção para as cargas elétricas e sua movimentação entre o metal e a solução.

A explicação de SUE sobre as reações químicas ocorridas centrou-se na transferência dos *elétrons livres*, que estavam no fio de cobre, para os cátions de prata da solução.

Usando a tese de Bachelard explicitada anteriormente, a *imagem* de que SUE parte é o fenômeno através do qual a professora pretendeu direcionar a atenção dos alunos para, essencialmente, quatro observações: a mudança da coloração da solução, o depósito de prata metálica ao redor do fio de cobre, o crescimento de fios de prata metálica (dendrites) e a corrosão interna do fio de cobre.

SUE pretendeu construir a *forma geométrica* a partir de questionamentos, aos alunos, orientando o processo interpretativo. Uma maior garantia de que esta passagem se desse de acordo com a interpretação científica foi conseguida através da escolha das perguntas, tanto quanto dos subsídios que SUE forneceu para que os alunos encontrassem as respostas (como a tabela periódica).

Através das perguntas e das orientações na busca das respostas, SUE também reforça a utilização da linguagem científica apropriada para os elementos que comporão o modelo em construção.

Aula de GIN:

GIN planejou essa aula como sistematização do conteúdo de corrente elétrica, que havia sido trabalhado com os alunos em atividades anteriores de sua seqüência didática. Em suas palavras:

“O objetivo da aula-síntese foi fazer uma sistematização de todo o conteúdo estudado para chegar ao conceito de corrente elétrica e levar os alunos a entender a sua definição e formulação matemática, de modo a perceber aplicações desse fenômeno em

seu dia-a-dia e resolver exercícios de física, conseguindo interpretar e dar sentido físico aos resultados encontrados.”

GIN compôs uma aula expositiva, que retomava os experimentos com circuitos elétricos realizados pelos alunos e algumas de suas explicações e concepções sobre o fenômeno da corrente elétrica, e em certo ponto introduziu uma *modelagem* do interior de um fio condutor, com elementos “artificiais” que procuravam reproduzir o que acontece no fio com e sem a passagem de corrente elétrica.

Sua modelagem contou com um aquário cúbico de vidro, que representaria a estrutura cristalina, e bolas de massa de modelar nos vértices, representando os cátions de cobre da estrutura (figura 2). GIN acrescentou bolas de massa de modelar menores que representariam os elétrons daqueles átomos, perdidos para a estrutura na ligação metálica, e inseriu nelas palitos, representando a direção do movimento dos elétrons. Os palitos estariam em direções aleatórias em circuito aberto, e assumiriam direções aproximadamente iguais quando o circuito fosse fechado.

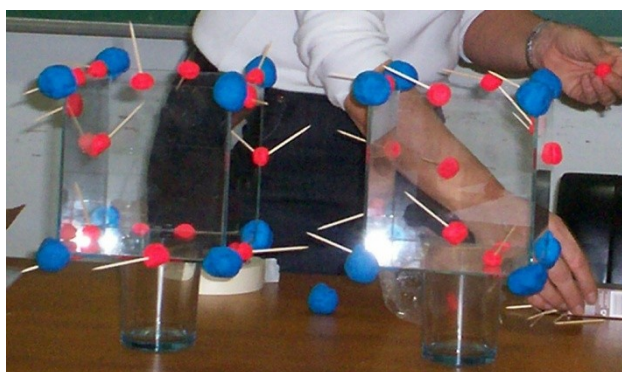


Figura 2: modelagem da estrutura cristalina de um fio condutor

GIN escolheu exibir dois aquários, para representar cada uma das situações, de modo a facilitar a comparação da estrutura do fio condutor com circuito aberto e fechado.

Durante a explicação, relacionou as idéias dos alunos (que segundo a professora já incluíam algumas entidades da estrutura da matéria) com o que pôde aparecer e ter significado no microscópico modelado.

Novamente interpretando segundo Bachelard, a *imagem* que GIN usou foi a do circuito elétrico pilha-lâmpada, o qual havia sido trabalhado pelos alunos, sob forma experimental, em aulas anteriores. Na aula expositiva que analisamos, GIN recupera observações que os alunos fizeram, provavelmente já selecionando as que estariam apontando na direção do modelo em construção: o caminho fechado de um pólo da pilha ao outro e a inserção do filamento da lâmpada como parte desse caminho, possibilitado quando os condutores foram conectados um na base e outro na rosca da lâmpada.

GIN parte para uma *forma geométrica* que se preste a explicar essas observações e conecta os ensaios interpretativos dos alunos, de aulas anteriores, com as entidades e a linguagem que introduz.

A modelagem artificial facilita a visualização dinâmica do modelo, mas também é usada para garantir maior correspondência da explicação com o que os alunos concebem a partir do vocabulário específico que a professora utiliza.

Aula de ROS:

ROS parte de uma fenomenologia concreta que procura usar para reforçar a relação entre esse concreto e o formalismo das equações matemáticas que definem e relacionam as variáveis físicas essenciais, o que representa um passo para explorar o modelo a nível matemático.

A aula foi inserida em uma seqüência em que os alunos já tinham estudado a corrente elétrica e os circuitos simples. O objetivo específico de conteúdo para essa aula foi o de avaliar o comportamento da corrente e da diferença de potencial em vários circuitos, de modo a construir a expressão algébrica da lei de Ohm.

ROS começou a aula com uma demonstração, em que componentes de um circuito real eram afixados na lousa e a professora, a partir desse circuito (e inserindo nele outros elementos, como mais pilhas ou lâmpadas), preenchia, com auxílio de multímetro, uma tabela com os valores de ddp e corrente (figura 3).

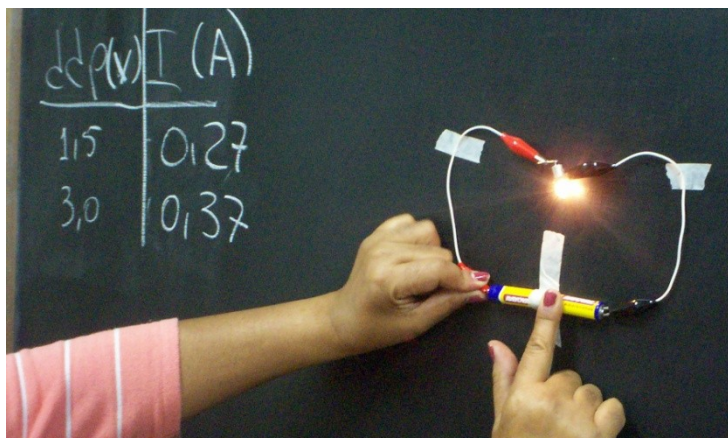


Figura 3: medidas de ddp e corrente no circuito elétrico pilha-lâmpada.

Da visualização do circuito com seus elementos concretos, ROS procedeu à representação esquemática e simbólica dos elementos componentes. As medidas reais tiveram o intuito de construir a formulação matemática com significado para o aluno, que trabalhara antes com o experimento.

Em seguida, ROS forneceu os materiais aos alunos para que, em grupos, fizessem as montagens, e verificassem também valores de corrente e tensão.

ROS recorre, como GIN, à *imagem* circuito elétrico. Porém, em função dos seus objetivos, as observações que conduz a partir desse fenômeno são as medidas feitas com o multímetro.

ROS prossegue à *forma geométrica* esquematizando o circuito, com símbolos representando seus componentes, tanto quanto a partir da própria tabela que constrói, uma vez que a formulação de uma tabela usando as grandezas ddp e corrente elétrica já se constitui em uma etapa interpretativa de modelização do fenômeno. Com a tabela, a professora procede à terceira etapa do caminho preconizado por Bachelard, a da *forma abstrata*, que é a formulação matemática que relaciona as grandezas observadas. ROS mostra esse caminho aos alunos, desde a *imagem* até a *forma abstrata*, e depois lhes fornece o material para que percorram o trajeto novamente.

Aula de MAR:

MAR, usando uma estratégia similar à de GIN relatada acima, explora o nível microscópico de um fenômeno através de uma modelagem em que elementos artificiais são colocados no lugar dos elementos físicos de que o modelo pretende dar conta.

Com o objetivo de ensinar o conceito de diferença de potencial (ddp), a seqüência de aulas de MAR previa uma atividade experimental de construção da pilha eletrolítica. Em seguida a essa aula experimental, MAR trabalhou com os alunos na explicação do funcionamento da pilha e da geração da ddp.

A atividade que analisamos dessa professora é a aula expositiva que se deu em seqüência ao experimento da pilha eletrolítica. MAR explica a motivação para o planejamento dessa atividade:

“Estabelecer a movimentação de íons positivos e negativos no interior da pilha entendendo que esta movimentação fecha o circuito não é fácil. Toda a construção do conceito de ddp depende da construção de um modelo que requer muita abstração.”

MAR quis explorar o aspecto microscópico do fenômeno, em que íons e elétrons se movimentam, na solução e no circuito, gerando a ddp e a corrente elétrica. Afixou na lousa quadros de feltro representando os dois recipientes da pilha e foi incluindo outros elementos sobre esses quadros, conforme prosseguia a explicação: recortes em papel colorido representavam as placas de zinco e cobre, tiras substituíam o fio condutor e a ponte salina, e confetes e alfinetes assumiam o papel dos íons e elétrons (fig. 4).

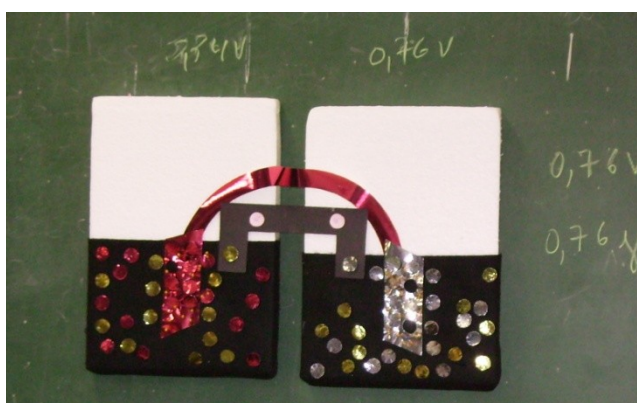


Figura 4: modelagem da pilha eletrolítica

MAR representou a movimentação dos íons e elétrons, mexendo os confetes de papel para um lado e outro do seu modelo de pilha, fazendo a “animação” do modelo.

A exposição era acompanhada pelos alunos enquanto a professora estabelecia as movimentações das “partículas atômicas”, que deveriam resultar na compreensão das fórmulas químicas e na explicação do acúmulo de cargas que constituía a ddp.

A *imagem* nesta atividade é o fenômeno da geração de energia por uma pilha. MAR partiu não somente da observação dos efeitos produzidos pela pilha (em termos do funcionamento de algum dispositivo elétrico, que houvesse sido ligado aos eletrodos), mas também dos componentes necessários para a montagem de uma pilha eletrolítica, que foram as placas de metais diferentes, a solução em que estavam imersas as placas, a ponte salina e o fio condutor externo.

A *forma geométrica* tratou, num primeiro momento, de esquematizar os componentes macroscópicos da montagem, concomitantemente à apresentação das

entidades microscópicas que os povoam (os átomos e elétrons das placas, os elétrons do fio, os íons da solução e da ponte salina). Em seguida, tratou de fazer interagir essas partículas, de modo a “produzir” o efeito da ddp e da corrente elétrica.

MAR finalizou apresentando valores do potencial de cada eletrodo, que serviriam ao cálculo da força eletromotriz, mas não chegou, nessa aula, à *forma abstrata*, isto é, à formalização matemática do fenômeno.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

As quatro aulas analisadas situaram-se em momentos diferentes dentro da seqüência didática das professoras (SUE – início do tema; GIN – fechamento; ROS e MAR – meio) e utilizaram estratégias de apresentação diversas (SUE – aula experimental; GIN e MAR – aula expositiva; ROS – demonstração e exposição, seguida de manipulação do material pelos alunos). O que vemos em comum entre todas elas foi a intenção do professor em partir da fenomenologia e buscar nela indícios que favorecessem a construção de um modelo físico.

Em três das aulas, observamos os professores preocupados em apresentar um modelo ao nível da *estrutura da matéria* e uma *dinâmica* que envolve suas partículas componentes. De fato, o estudo do eletromagnetismo exige como requisito a compreensão do átomo e das partículas subatômicas, além de sua organização no material, que definirá os meios isolantes e os condutores.

Na outra aula, de ROS, a professora usou um fenômeno concreto para construir, num primeiro momento, sua representação esquemática (que já envolve uma interpretação e modelização) e depois deu um passo além para uma *equação* que relaciona grandezas – a lei de Ohm, que é um modelo físico já operacionalizado em linguagem matemática.

Percebe-se que, nas quatro atividades, as professoras não planejaram suas aulas para começar pela teoria científica e examinar o fenômeno como uma *aplicação* da teoria. Ao contrário, levaram primeiro o empírico, e apresentaram as entidades da ciência sendo articuladas para produzir uma interpretação do ocorrido. É como se quisessem dizer aos alunos, “*olha, como usando esse paradigma eu explico o fenômeno!*”

Outra observação interessante foi a respeito da forma com que procuraram operar a passagem do concreto para o abstrato. Nas aulas de GIN e MAR, as professoras incluíram uma modelagem artificial, com elementos representativos do modelo que queriam ensinar. Interpretamos isso como um esforço para certificar-se de que a **dinâmica** envolvida no modelo (os movimentos dos elétrons e íons) estava sendo partilhada e compreendida pelos aprendizes.

A aula de SUE tinha como ponto de chegada a existência cargas elétricas na matéria, e a aula de ROS queria estabelecer a lei de Ohm. Essas aulas tiveram menor alicerce nos movimentos que nas próprias **entidades** físicas e relações entre elas. Por isso, entendemos que o cuidado maior tenha sido em conectar tais entidades a uma fenomenologia (ainda fresca na memória dos alunos, pois o experimento estava acontecendo concomitante à sua interpretação) que lhes pudesse dar significado, e estabelecer uma linguagem apropriada, através de recursos como tabela periódica e montagem das expressões das reações químicas (SUE), ou multímetro e preenchimento de tabelas V vs. i (ROS).

É claro que para levar esse tipo de atividades para a sala de aula, o professor precisa dispor de material, espaço e algumas condições estruturais da sala de aula que permitam sua realização. Entretanto, de fato consideramos que a estrutura exigida é

mínima – os professores da nossa investigação lecionam nas escolas públicas estaduais paulistas e usaram materiais simples e de fácil aquisição, alguns inclusive existentes nas escolas.

A exigência maior para o planejamento dessas aulas é realmente quanto ao próprio entendimento do fenômeno e dos conceitos físicos nele envolvidos (o conteúdo conceitual da ciência que será ensinada) e também quanto à compreensão do papel da fenomenologia para a construção de um conceito e, portanto, dos objetivos de uma aula de ciências que inclui a experimentação ou a observação do empírico como ferramentas para o aprendizado.

Essas atividades constituíram de fato quatro formas pelas quais é possível a construção do conhecimento científico através do caminho preconizado por Bachelard, de *imagem* → *forma geométrica* → *forma abstrata*.

A *imagem* constituiu-se em fenômenos a partir dos quais foi conduzida uma observação criteriosa, que pudesse incluir elementos que facilitaríamos a construção do modelo – por exemplo, observamos que GIN optou por não usar soquetes na fase experimental de montagem dos circuitos, que, de outra forma, poderia mascarar os pontos de contato.

A passagem para a *forma geométrica* fez uso de estratégias criativas aliadas a uma intervenção firme, condutora do raciocínio e com uma meta claramente delineada pelos professores. As atitudes do professor nessa passagem foram fundamentais para que as observações experimentais não permanecessem no pitoresco dos efeitos observados, e realmente pudessem contextualizar a construção de um modelo físico.

As aulas reportam uma parte do processo de construção de uma teoria física, de acordo com o caminho que Bachelard apresenta sobre como essa construção deve ocorrer. As atividades podem não ter percorrido o caminho até o final, que seria a *forma abstrata*, conforme o autor; mas certamente se alocam como uma das etapas do caminho, que se refere ao desenvolvimento da forma interpretativa intermediária que é o modelo físico.

Partindo da fenomenologia, o procedimento utilizado foi o de questioná-la com base em parâmetros, explicitados através de uma condução adequada do olhar, que fossem capazes de responder à pergunta “*como ocorre?*” Foi essencialmente essa a *pergunta à natureza* recuperada pelos professores durante a construção do modelo com seus alunos. O modelo foi, por conseguinte, apresentado trazendo essa qualidade de informação – *se pensarmos a natureza dessa forma, composta por essas entidades, conseguimos responder à questão*.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- SANTOS, M. E. V. Moniz dos. **Mudança conceptual na sala de aula – um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.
- PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. 22ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997.
- VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia – saberes necessários à prática educativa**. Brasil, Paz e Terra, 1996.

