

acontece lá dentro? Ou a mesma situação em nosso planeta: se a Terra recebe calor e tem ar na atmosfera, a atmosfera expande?

Todas essas etapas promovem a Alfabetização Científica dos alunos e possuem um alto potencial para isso. Nas demonstrações investigativas, é importante o planejamento da atividade e o papel de provocador do professor, questionando constantemente os alunos. Dessa maneira, pode-se desenvolver uma atividade muito construtiva levando em conta a AC.

### 3.2 Laboratório investigativo

O laboratório investigativo, como dissemos, envolve os alunos em um processo de investigação em que eles devem criar hipóteses, elaborar um plano de trabalho, tomar dados e discutir conclusões para assim construir explicações para a ocorrência de dado fenômeno. De acordo com a classificação proposta por Pella (1969), o laboratório investigativo que propomos possibilita o grau IV de liberdade intelectual para o aluno, sendo tarefa do professor a proposição do problema ao grupo. O restante das etapas é ministrado pelos próprios alunos, com auxílio do professor. Esse tipo de atividade é adequado para turmas cujo trabalho em grupo já é estabelecido e funciona bem. O professor intervém pontualmente nos grupos de forma ativa e produtiva.

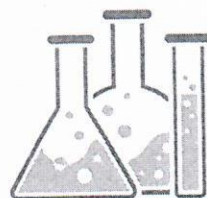
Para ilustrar um laboratório investigativo, apresentamos uma atividade cujo objetivo é trabalhar com a curva de aquecimento da água de modo a observar que o valor do calor específico da água corresponde ao coeficiente angular da reta construída em um gráfico. Esse gráfico é construído por meio de dados obtidos durante o aquecimento de uma porção de água.

Essa atividade foi realizada em inúmeras salas de aula de escolas públicas estaduais de São Paulo e compõe a proposta didática apresentada por Carvalho e colaboradores (1998).

## ATIVIDADE

### Laboratório investigativo

#### O aquecimento da água



A investigação tem início com a seguinte pergunta problematizadora aos alunos:

**Questão**

O que acontece com a temperatura da água enquanto nós a aquecemos?

A partir da proposição feita pelo professor, os alunos devem trabalhar em grupos de quatro a cinco participantes em que discutam as condições que permitem a resolução do problema. Nesse processo, os alunos elaboram hipóteses com base no conhecimento prévio que cada um deles já possui. Durante a discussão, eles podem argumentar e refutar hipóteses quando houver divergências. O professor deve circular pelos grupos de modo a verificar as hipóteses levantadas e, se for o caso, ajudar os alunos a organizá-las.

**Algumas hipóteses dos alunos para a resposta à pergunta.**

A temperatura vai...  
 ... subir sem parar até a água acabar.  
 ... parar de subir e a água evaporar.  
 ... variar dependendo da quantidade de água.

Em um segundo momento, que pode ser na mesma aula ou não, os alunos colocarão em teste as hipóteses previamente levantadas. Para que essa atividade ocorra, o professor deve disponibilizar material experimental aos alunos para a coleta e o registro dos dados. É importante que haja os seguintes materiais em número suficiente para que todos os grupos realizem seus testes:

**Material**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• béqueres</li> <li>• termômetros</li> <li>• tripés</li> <li>• papel milimetrado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• recipiente de alumínio</li> <li>• lâmparinas</li> <li>• telas</li> <li>• cronômetro</li> </ul> |
|--|---|

Depois de apresentar os materiais, o professor deve propor uma segunda pergunta aos alunos:

**Questão**

Utilizando os materiais disponíveis, como vocês podem verificar as hipóteses que elaboraram?

Novamente em grupos, os alunos deverão discutir formas de colocar em teste as hipóteses. Observe que não há uma lista de procedimentos, os alunos são os responsáveis por criá-los e desenvolvê-los.



acontece lá dentro? Ou a mesma situação em nosso planeta: se a Terra recebe calor e tem ar na atmosfera, a atmosfera expande?

Todas essas etapas promovem a Alfabetização Científica dos alunos e possuem um alto potencial para isso. Nas demonstrações investigativas, é importante o planejamento da atividade e o papel de provocador do professor, questionando constantemente os alunos. Dessa maneira, pode-se desenvolver uma atividade muito construtiva levando em conta a AC.

### 3.2 Laboratório investigativo

O laboratório investigativo, como dissemos, envolve os alunos em um processo de investigação em que eles devem criar hipóteses, elaborar um plano de trabalho, tomar dados e discutir conclusões para assim construir explicações para a ocorrência de dado fenômeno. De acordo com a classificação proposta por Pella (1969), o laboratório investigativo que propomos possibilita o grau IV de liberdade intelectual para o aluno, sendo tarefa do professor a proposição do problema ao grupo. O restante das etapas é ministrado pelos próprios alunos, com auxílio do professor. Esse tipo de atividade é adequado para turmas cujo trabalho em grupo já é estabelecido e funciona bem. O professor intervém pontualmente nos grupos de forma ativa e produtiva.

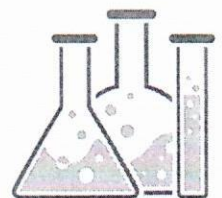
Para ilustrar um laboratório investigativo, apresentamos uma atividade cujo objetivo é trabalhar com a curva de aquecimento da água de modo a observar que o valor do calor específico da água corresponde ao coeficiente angular da reta construída em um gráfico. Esse gráfico é construído por meio de dados obtidos durante o aquecimento de uma porção de água.

Essa atividade foi realizada em inúmeras salas de aula de escolas públicas estaduais de São Paulo e compõe a proposta didática apresentada por Carvalho e colaboradores (1998).

## ATIVIDADE

### Laboratório investigativo

#### O aquecimento da água



A investigação tem início com a seguinte pergunta problematizadora aos alunos:



Na grande maioria das vezes, os alunos sabem que precisam aquecer a água e olhar o termômetro; cabe ao professor mobilizar os alunos a montarem o arranjo experimental do modo que lhes parecer mais conveniente. Elementos como a quantidade de água a ser colocada no recipiente, o material do qual é feito esse recipiente, a altura da chama, entre outros, são algumas das variáveis que os alunos devem levar em conta e decidir pela alteração em seu arranjo experimental.

Nesse momento, os alunos devem estar reunidos em grupo, executando e verificando as hipóteses que criaram. O objetivo principal dessa etapa é que os alunos coloquem suas hipóteses em teste e, então, colem dados que, na sequência, serão analisados.

Ao longo desse processo, o professor precisa verificar como os grupos estão tomando seus dados e incentivar os grupos a discutir como esses dados podem ser organizados. A intervenção do professor não deve ser direta, mas deve auxiliar os alunos a discutir quais são as constantes e quais são as variáveis em teste. Os alunos perceberão que a variável em jogo é a temperatura da água, pois o recipiente em que ela é colocada, a lamparina e o volume de água do recipiente não variam dentro de cada grupo, ainda que possam ser diferentes de um grupo para outro. A melhor maneira de ter uma descrição do comportamento da água enquanto ela é aquecida é por meio de um gráfico da temperatura pelo tempo. O intervalo de tempo entre uma medida e outra também deve ser discutido e acordado entre os membros do grupo. Nesse processo, o professor pode circular pelos grupos e observar a metodologia que está sendo empregada pelos alunos. Ele deve estar atento aos detalhes ou erros das montagens, provocando os alunos e orientando a tomada de dados.

Na aula seguinte os dados devem ser analisados. O professor pode discutir a melhor maneira de analisá-los e ajudar os alunos a construírem o gráfico em papel milimetrado. Trata-se de um gráfico simples contendo, em um dos eixos, o intervalo de tempo em que as medições foram feitas e, no outro, a temperatura da água correspondente àquele instante. Nesse momento o professor não tece ainda explicações ou interpretações sobre os gráficos, seu papel se resume a auxiliar os alunos na confecção dos gráficos. É importante fazer com que os alunos descrevam em detalhes o que fizeram, pois variações na quantidade de água ou na eficiência das lamparinas alteram a curva do gráfico.

Em outro momento, possivelmente outra aula, a discussão deve ser iniciada pelos resultados presentes nos gráficos. O professor pode, por exemplo, expor na lousa as hipóteses e as interpretações do gráfico de cada grupo. Essa comparação mostra como as curvas podem estar parecidas, apesar de dados ligeiramente



diferentes. Nessa etapa, o professor deve estimular os alunos a explicarem seus procedimentos desde a hipótese criada, passando pela forma de tomada de dados e a construção dos gráficos. Em seguida, o professor passa a buscar uma interpretação conjunta dos gráficos junto com os alunos. Algumas perguntas podem ser oportunas nesse momento:

- A temperatura sobe sem parar?
- Olhando os gráficos é possível dizer que a temperatura para de subir em algum momento ou sobe indefinidamente? Qual é essa temperatura?
- Essa temperatura é alcançada em um mesmo intervalo de tempo?
- Por que será que isso acontece? Será uma propriedade da água?

Mesmo que os grupos tenham montado procedimentos diferentes, espera-se que a curva registrada nos gráficos seja a mesma. Deve-se enfatizar o fato de as curvas serem parecidas, e demonstrar uma possível relação comum entre as montagens. As perguntas acima podem problematizar o comportamento da água ao aquecer. O importante depois de construir os gráficos é discutir com os alunos o “porquê” desse comportamento, entender e descrever os gráficos em cada uma de suas etapas.

Os alunos devem perceber que a temperatura não aumenta indefinidamente, e permanece constante em dado intervalo de tempo, enquanto estiver mudando de estado. Os alunos podem perguntar por que a temperatura não muda. A resposta é complexa e envolve o conceito de entropia. Aliás, essa é uma das melhores formas de entender a entropia. Se o fluxo de calor é contínuo e a temperatura não aumenta, alguma propriedade deve mudar; é a desordem do sistema aumentando. Porém, nesse caso, o importante é perceber que a temperatura aumenta com uma inclinação constante e permanece estável depois de determinado ponto. Descrever o comportamento da água pela análise do gráfico é uma habilidade interessante para ser desenvolvida nessa atividade.

Após os esclarecimentos sobre o comportamento da água, em uma discussão com toda a sala, é necessário determinar outras variáveis relevantes para uma análise mais completa. O gráfico já fornece duas variáveis (tempo e temperatura); cabe ao professor extrair outras por meio de perguntas como:

- Se eu não tivesse a lamparina, o comportamento seria o mesmo? Que grandeza física pode ser expressa pelo fogo da lamparina?
- E se fosse vinagre no lugar da água, aconteceria a mesma coisa?
- Se eu tivesse uma panela cheia de água, iria ter esse comportamento no mesmo tempo?



Novamente, espera-se que os próprios alunos lancem essas e outras hipóteses, mas que elas também sejam induzidas pelo professor. O importante é enumerar as variáveis que influenciam no fenômeno: quantidade de calor, quantidade de água, natureza da substância aquecida (calor específico), temperatura e pressão. Essa leitura já oferece um panorama do que é importante no aumento da temperatura.

Ao determinar as outras variáveis relevantes, o professor pode retornar ao gráfico e verificar quais grandezas foram alteradas nessa montagem experimental em particular. Por exemplo, pode-se constatar com os alunos que, para cada montagem, o líquido e o volume se mantiveram constantes, enquanto a temperatura aumentava. Ou seja, a massa e o calor específico são constantes.

Essa é uma constatação experimental muito importante, pois, como esses parâmetros não mudaram, eles podem ser expressos por meio de uma constante (que é dada pela inclinação da reta do gráfico). Como o fluxo de calor cedido pela fonte também é constante, a temperatura aumenta de acordo com a quantidade de água e as propriedades dela. Para chegar a essas conclusões, o professor deve investigar os alunos perguntando, por exemplo:

- Será que demorará mais para aquecer até uma temperatura se tiver mais água? Ou será mais rápido? Como ficaria a curva do gráfico nesse caso?
- Será que se eu tivesse duas lamparinas o tempo seria o mesmo ou mais rápido? Como ficaria a curva do gráfico nesse caso?

Essas perguntas permitem o raciocínio proporcional na relação das variáveis. Elas ajudam também a traçar uma conexão importante entre a representação gráfica e o fenômeno físico concreto. Esse diálogo entre linguagem gráfica e representação algébrica é um dos elementos importantes no processo de Alfabetização Científica.

A partir do momento em que a inclinação da reta do gráfico é o produto da massa e do calor específico e portanto a correlação é compreendida, o grupo de alunos poderá calcular a inclinação dessa reta para obter a expressão algébrica da relação entre calor, temperatura e massa-calor específico. O professor tem um papel importante na sistematização desse processo, juntando elementos do laboratório, lembrando e discutindo os eventuais desacertos e, finalmente, esclarecendo a equação.

Como lembramos na atividade anterior, essa proposta também é de cunho conceitual. Entretanto, deve-se explorar ainda a evolução histórica do conceito de calor e a diferenciação entre calor e temperatura. Essa relação traz elementos



epistemológicos muito ricos para a compreensão do eixo estruturador que aponta para a natureza da Ciência.

O calor específico de um material está relacionado com sua composição; ele estrutura e determina o intervalo de tempo necessário para haver determinada elevação da temperatura. O calor específico da água é um dos maiores da natureza, sendo um importante elemento na regulação da temperatura do planeta, fator indispensável para o surgimento da vida.

Além dessa constatação vital, há diversas aplicações práticas dos calores específicos, por exemplo, na área da construção civil (concreto, estruturas), industrial (fundição, peças fundidas), eletrônica (fusíveis, transístores, semicondutores, a necessidade da “ventoinha” ou *cooler* nos computadores). Para cada uma dessas aplicações há implicações ambientais e sociais que traduzem a ação do homem na natureza. Observar essas implicações é conectar o conceito científico com o mundo.

Para abarcar as demandas da construção civil, pedreiras consomem montanhas inteiras para extrair metais e concreto, sacrificando a vida da população da região onde existe extrativismo mineral. Para o desenvolvimento da tecnologia, milhões de reais são gastos em investimentos para ter um silício de melhor qualidade para a produção de componentes eletrônicos e placas solares. O período histórico de exploração mineral no Estado de Minas Gerais e a importância da regulação de temperatura para seres homeotérmicos e heterotérmicos são exemplos de conexões interdisciplinares que podem ser exploradas nessa atividade.

Enfim, no processo de Alfabetização Científica, um conceito científico não termina em si mesmo, ele tem história, aplicações tecnológicas e aspectos políticos e sociais.

### 3.3 Problema aberto

O problema aberto é um tipo de atividade de lápis e papel; por isso, pode ser comparado aos exercícios que os alunos comumente resolvem em sala de aula. A diferença entre um exercício tradicional e o problema aberto encontra-se, fundamentalmente, no enunciado da proposta, o que determina as ações que serão desempenhadas para que o resultado seja encontrado.

Em um exercício tradicional, o enunciado traz informações e dados muito bem descritos de modo que a interpretação direta do texto indica os caminhos que devem ser percorridos para se chegar à resposta esperada. Usualmente, um