



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL**  
**EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**

**EXPERIMENTANDO A TERMOLOGIA: uma proposta para**  
**o Ensino de Física, em turmas de Ensino Médio.**

**Ednilton Mariano Chaves**

**BRASÍLIA – DF**

**2015**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL**  
**EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**

**EXPERIMENTANDO A TERMOLOGIA: uma proposta para**  
**o Ensino de Física, em turmas de Ensino Médio.**

**Ednilton Mariano Chaves**

Dissertação realizada sob orientação do Prof. PhD.  
Júnio Márcio Rosa Cruz a ser apresentada à banca  
examinadora como requisito parcial à obtenção do  
Título de Mestre em Ensino de Física - Área de  
Concentração: Ensino de Física, pelo Programa de  
Pós-Graduação de Mestrado Profissional em  
Ensino de Física da Universidade de Brasília.

**Brasília – DF**

**2015**

## Ficha Catalográfica

---

C512e Chaves, Ednilton Mariano  
Experimentando a Termologia: uma proposta para o ensino de Física, em turmas de Ensino Médio. / Ednilton Mariano Chaves; orientador Júnio Márcio Rosa Cruz. -- Brasília, 2015.  
130 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Ensino de Física.. 2. Roteiros de experimentos de livros didáticos.. 3. Atividades experimentais de Termologia.. I. Cruz, Júnio Márcio Rosa , orient.  
II. Título.

## Dedicatória

---

Á minha esposa, irmãos, sobrinhos e afilhados, que contribuíram muito para a conclusão desse trabalho. Agradeço por todo amor, carinho e compreensão. É uma glória, honra e satisfação conviver com todos vocês.

**Ednilton Mariano Chaves**

## **Agradecimentos**

---

Agradeço a Deus, criador do Universo, pelo dom da vida e por estar sempre conosco, sendo nosso refúgio e fortaleza.

À Sociedade Brasileira de Física, pelo programa de mestrado profissional, curso de excelência, que muito contribuiu para a minha formação pessoal e profissional.

À Universidade de Brasília, por me abrir as portas do mestrado profissional e por todos os ensinamentos, que serão amplamente aplicados em minha vida profissional.

Ao Prof. Júnio Márcio Rosa Cruz, meu orientador, pelas longas horas de dedicação, ensinamentos e encorajamento, essenciais à conclusão desse trabalho, sempre de modo cordial e íntegro.

Ao Centro Educacional Católica de Brasília, por manter suas portas sempre abertas às novas propostas pedagógicas e por ser parceiro em novos projetos de trabalho.

Ao Instituto Federal de Brasília, principalmente ao Campus Riacho Fundo, por sempre dar condições para que seus servidores participem de cursos de formação.

À minha esposa, Shirlene Aires Ramos, por toda a disposição, paciência, torcida e incentivo à conclusão desse trabalho.

Aos meus irmãos, que sempre foram motivo de orgulho e exemplos a serem seguidos.

Aos meus sobrinhos e afilhados, que sempre estiveram ao meu lado, com paciência e confiança, fortalecendo nas horas difíceis.

À sociedade brasileira, pelo investimento em uma educação de nível superior de excelência.

**Ednilton Mariano Chaves**

## Epígrafe

---

*“Estudar Física, sem ser por meio da experiência,  
é como fazer curso de nataçãõ por correspondência”.*

Rodolpho Caniato

## Resumo

---

As atividades práticas são fundamentais ao processo ensino-aprendizagem em Física, mesmo quando são exploradas por meio de experimentos rígidos (fechados), pois proporcionam o desenvolvimento de habilidades e competências distintas daquelas adquiridas com as aulas teóricas. As atividades experimentais dos livros didáticos, normalmente, só trazem os procedimentos, não apresentando: introdução teórica, objetivos, relação completa de materiais necessários, instruções ou figuras auxiliares e comentários sobre resultados possíveis. Além disso, muitas dessas atividades contêm erros conceituais e falhas procedimentais. Assim, surgiram as questões que orientaram a pesquisa: se essas atividades forem implementadas exatamente como são apresentadas, os alunos, sozinhos, conseguirão entender, desenvolver os procedimentos e chegar aos objetivos pretendidos? Tais atividades proporcionam uma aprendizagem significativa? Os professores fazem essas atividades com seus alunos? Eles têm feito correções nessas propostas de experimentos? Ficou constatado que os professores utilizam essas propostas e têm feito adaptações nesses experimentos, embora não tenham formações adequadas para trabalhar em laboratórios. Os alunos afirmaram que os experimentos facilitam o entendimento da Física, mas têm dificuldades em desenvolver algumas dessas propostas devido à falta de detalhamentos e textos auxiliares. Como material alternativo para auxiliar o desenvolvimento de atividades experimentais em Termologia, o produto desse mestrado traz um conjunto de roteiros de experimentos e um guia para professores, que, de acordo com o resultado da pesquisa, são materiais potencialmente significativos.

**Palavras-chave:** ensino de Física, roteiros de experimentos de livros didáticos e atividades experimentais de Termologia.

## **Abstract**

---

Practical activities are fundamental to the learning process in physics, even when they are explored through rigid experiments, as they provide the development of skills and competencies that are different from those acquired by theoretical lessons. Experimental activities in textbooks usually only present proceedings, lacking theoretical introduction, objectives, complete list of materials required for practice, instructions or auxiliary figures and comments on possible results. In addition, many of these activities contain conceptual errors and procedural mistakes. So, there were the questions that guided the research: if these activities are implemented exactly as they are presented will the students alone be able to understand, develop procedures and reach the intended objectives? Will such activities provide a significant learning? Do teachers make these activities with their students? Do they make corrections in these proposals of experiments? It was observed that teachers use these proposals and they make adaptations in these experiments, although they do not have adequate competencies to work in laboratories. Students have said that the experiments facilitate the understanding of physics, but they have difficulties in developing some of these proposals due to the lack of detailing and auxiliary texts. As an alternative material to assist the development of experimental activities in Thermology, the product of this Masters course brings a set of experiments scripts and a guide for teachers that, according to the research result, are potentially significant material.



## Lista de Tabelas

---

Tabela 1 – Roteiros de experimentos selecionados para serem realizados com os alunos. ....	34
Tabela 2 - Desempenho dos alunos da turma A, nos pós-testes.....	42
Tabela 3 - Desempenho dos alunos da turma B, nos pós-testes.....	42

## Lista de Gráficos

---

GRÁFICO 1 – Percentual de respostas para a pergunta: “Qual o tipo da sua graduação?” .....	28
GRÁFICO 2 – Percentual de respostas para a pergunta: “Há quanto tempo se graduou?” .....	28
GRÁFICO 3 – Percentual de respostas para a pergunta: “Há quanto tempo trabalha com o Ensino Médio?” .....	28
GRÁFICO 4 – Percentual de respostas para a pergunta: “Qual o tipo de instituição de Ensino Médio que você trabalha?” .....	29
GRÁFICO 5 – Percentual de respostas para a pergunta: “Durante sua formação profissional (graduação), você teve treinamento específico para lecionar em laboratórios de Física?” .....	29
GRÁFICO 6 – Percentual de respostas para a pergunta: “Você costuma realizar as atividades experimentais propostas nos livros didáticos com seus alunos?” .....	31
GRÁFICO 7 – Percentual de respostas para a pergunta: “Na escola onde você trabalha, as aulas de laboratório (experimentos) são desenvolvidas com que objetivo?” .....	31
GRÁFICO 8 – Percentual de respostas para a pergunta: “Você acha que as atividades experimentais, da forma como são propostas nos livros didáticos, reforçam a aprendizagem dos conteúdos?” .....	31
GRÁFICO 9 – Percentual de respostas para a pergunta: “Quando você realiza experimentos com seus alunos, costuma fazer adaptações às atividades propostas nos livros?” .....	32

## Sumário

---

INTRODUÇÃO.....	1
Capítulo 1: A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO .....	4
Capítulo 2: PRÁTICAS POR MEIO DE ROTEIROS DE EXPERIMENTOS .....	10
Capítulo 3: PROPOSTAS DE EXPERIMENTOS EM LIVROS DIDÁTICOS.....	17
Capítulo 4: TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	21
Capítulo 5: METODOLOGIA E ANÁLISE DE RESULTADOS .....	26
5.1 - Pesquisa com Professores .....	27
5.2 - Pesquisa com Estudantes .....	36
5.2.1 - Atividades da Turma A (Grupo de Controle).....	38
5.2.2 - Atividades da Turma B (Grupo Experimental) .....	40
5.3 Resultados dos Pós-testes.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	44
REFERÊNCIAS .....	46
Apêndice 1 – Experimentos realizados com os Alunos.....	49
AVALIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	49
DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS.....	52
CALOR ESPECÍFICO.....	55
PRESSÃO E TEMPERATURA.....	59
Apêndice 2 – Produto do Mestrado .....	62
Texto Introdutório: TERMOLOGIA.....	63
AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA.....	65
DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS.....	71
PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR .....	76
CALOR ESPECÍFICO.....	81
PRESSÃO E TEMPERATURA.....	85
CALOR LATENTE .....	89
ENERGIA ALIMENTAR .....	92
UMIDADE RELATIVA DO AR .....	96
MÁQUINAS TÉRMICAS .....	100
Apêndice 3 – Pesquisa com Professores.....	106
Apêndice 4 – Pós-testes .....	108

Apêndice 5 – Guia para Professores.....	113
Anexo 1 – Atividades Práticas do Livro Didático.....	127
A SENSÇÃO TÉRMICA.....	127
O ANEL DE GRAVEZANDE .....	128
DETERMINANDO A CAPACIDADE TÉRMICA DE UM CALORÍMETRO .....	129
INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA EBULIÇÃO DA ÁGUA.....	130

## INTRODUÇÃO

---

A Física é uma disciplina essencialmente experimental e, para uma aprendizagem mais abrangente sobre os fenômenos físicos e as leis da natureza, os alunos precisam ter contatos periódicos com atividades experimentais. Essas atividades tornam as aulas mais atraentes, divertidas, dinâmicas, participativas e fascinantes para os alunos da Educação Básica.

Para que sejam mais eficazes, essas atividades precisam ser pedagogicamente adequadas (bem estruturadas, organizadas, com linguagem adequada e objetivos bem delimitados) aos níveis de escolaridade do público ao qual são destinadas.

Muitos livros didáticos trazem propostas de atividades experimentais. O problema é que há poucas pesquisas sobre a utilização e eficiência dessas atividades. Elas são realmente implementadas pelos professores e alunos? Elas proporcionam vantagens pedagógicas? Essas e outras questões, pertinentes ao assunto, são fundamentais para melhoria da qualidade dessa metodologia de ensino.

Geralmente, nas aulas de laboratório no Ensino Médio, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções de um roteiro, que orienta minuciosas observações e medidas, acerca dos fenômenos em análise e, a partir dessas observações e medidas, preenchem um questionário ou relatório de experimento, com os objetivos de constatar ou testar conceitos aprendidos nas aulas teóricas e de aprender a utilizar instrumentos e técnicas específicos.

Há severas críticas em torno da eficácia das atividades experimentais e do desenvolvimento de práticas por meio de roteiros fechados, que controlam e guiam todas as ações dos alunos. No entanto, parece que há consenso entre professores e alunos de que essas atividades práticas, mesmo quando são implementadas por meio de roteiros fechados, facilitam a compreensão das leis e teorias da Física, além de contribuir para que os alunos desenvolvam habilidades e competências diferentes daquelas obtidas com as aulas teóricas, conheçam procedimentos específicos de atividades práticas, experimentem processos e métodos científicos e vejam algumas aplicações práticas dos conteúdos estudados em sala de aula.

Todavia, como essas propostas de atividades práticas raramente trazem uma estruturação adequada (linguagem apropriada; objetivos e procedimentos claros e precisos; listagem detalhada de todos os materiais necessários às atividades; figuras e/ou esquemas de montagem dos equipamentos...), muitas vezes os estudantes, por não entenderem os

propósitos e os procedimentos desses experimentos, acabam não percebendo os fenômenos que estão analisando e a atividade termina não contribuindo para a aprendizagem. Além disso, muitas atividades práticas de livros didáticos apresentam erros conceituais e falhas procedimentais.

Com base no exposto, foi desenvolvido um conjunto de roteiros de atividades experimentais de Termologia, a fim de melhorar a metodologia de ensino em Física por meio de aulas de laboratório e, nessa dissertação, será feito um relato (dos sucessos e dificuldades) da implementação desse material aos alunos de uma grande escola privada do Distrito Federal, bem como da implementação das atividades práticas propostas no livro didático mais utilizado pelos professores do Distrito Federal.

As questões de referência para a pesquisa foram: Se as atividades práticas propostas em livros didáticos forem implementadas exatamente como são apresentadas, os alunos, sozinhos, conseguirão entender, desenvolver os procedimentos e chegar aos objetivos pretendidos? Tais atividades são importantes para os alunos e proporcionam uma aprendizagem significativa? Os professores fazem essas atividades com seus alunos? Eles têm feito correções nessas propostas de experimentos?

Na busca das respostas para essas questões, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) elaboração de uma pesquisa com professores de escolas (públicas e privadas) do Distrito Federal, a fim de: constatar se esses professores concordam com a importância e a necessidade de atividades práticas no Ensino Médio; averiguar se utilizam as atividades experimentais dos livros didáticos, exatamente, como são propostas e determinar qual o livro didático de Física mais utilizado pelos professores do Ensino Médio, em consultas de propostas de atividades experimentais de Termologia. Esse livro didático servirá de referência para um estudo comparativo com o produto pedagógico desse curso;
- b) realização de oito atividades práticas com alunos da 2ª Série do Ensino Médio de uma grande escola particular do Distrito Federal, sendo quatro selecionadas dentre os experimentos propostos no livro didático mais utilizado pelos professores e quatro do produto desse mestrado, a fim de constatar se, de fato, são adequadas (trazem objetivos bem delimitados; procedimentos claros e linguagem acessível) ao nível de escolaridade desses alunos e se, efetivamente, proporcionam uma ***aprendizagem significativa***;

- c) aplicação de um pós-teste, ao final de cada atividade experimental, com o objetivo de constatar se os alunos participantes compreenderam as ideias que fundamentam os procedimentos e se essas atividades contribuíram para a aprendizagem.

A fim de contemplar todas as etapas da pesquisa, a apresentação desta dissertação foi organizada da seguinte forma.

O capítulo 1 aborda aspectos relacionados às atividades experimentais, destacando sua importância para o processo ensino-aprendizagem, principalmente, na Educação Básica.

O capítulo 2 trata de aspectos específicos ao desenvolvimento de atividades práticas por meio de roteiros de experimentos, citando a classificação que interessa à pesquisa, bem como suas vantagens e limitações.

O capítulo 3 discute a relevância das atividades experimentais de livros didáticos, catalogando suas contribuições para o processo ensino-aprendizagem e destacando suas fragilidades e advertências.

O capítulo 4 apresenta algumas definições da teoria educacional de David Ausubel, que consolidam a base da pesquisa.

O capítulo 5 traz a metodologia e a análise dos resultados obtidos, onde as conclusões pertinentes darão ensejo aos comentários relativos às vantagens e limitações da utilização do método proposto.

Nas considerações finais destacam-se os aspectos gerais relativos aos dados, resultados e metodologia usada, traçando algumas orientações aos docentes que despertarem interesse por nossa pesquisa.

As referências usadas nas citações, que se encontram distribuídas ao longo dos capítulos que compõem essa dissertação, foram pesquisadas e retiradas de artigos de periódicos de ampla circulação, publicados entre 1990 e 2015, disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores. As palavras-chaves utilizadas na pesquisa dessas referências foram: ensino de Física; roteiros de experimentos de livros didáticos e atividades experimentais de Termologia.

## CAPÍTULO 1

Nesse capítulo, discutiremos a importância da experimentação para a aprendizagem da Física, dando-se ênfase às atividades práticas na Educação Básica e destacando as principais vantagens e críticas relacionadas a essa metodologia pedagógicas.

### A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO

Toda hipótese de explicação de um fenômeno físico, para ter comprovação científica, precisa passar pelo crivo do laboratório. Esta frase, por si só, já é suficiente para mostrar a importância e a necessidade de atividades experimentais em qualquer nível de ensino e aprendizagem de Física.

A compreensão dos conteúdos da Física também é um fator que pode ser mencionado para justificar a importância das atividades experimentais. Por se tratar de uma disciplina extremamente abstrata, os alunos geralmente têm dificuldades em reconhecer sua aplicabilidade em situações do seu cotidiano, o que é um indício de que não houve um completo entendimento das teorias estudadas. A metodologia da experimentação, por trabalhar com situações concretas, poder proporcionar maior compreensão do pensamento científico, além de mostrar as aplicações práticas dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula.

*O que se observa de comum nos estudos realizados é a dificuldade dos professores em escolher metodologias de ensino adequadas aos conteúdos. A grande maioria dos professores desenvolvem o processo de ensino e aprendizagem de modo tradicional (aulas expositivas e resolução de exercícios), não dando importância ao desenvolvimento de atividades experimentais, embora concordem que o ensino de Física objetiva a formação de um aluno crítico e com a compreensão do pensamento científico. (SOARES, 2010).*

Na opinião de muitos docentes, para compreender a teoria é preciso experimentá-la. Atividades práticas podem ajudar o estudante a dominar difíceis conceitos físicos e pouco familiares, que muitas vezes entram em conflito com as noções intuitivas, derivadas do senso comum. A atividade prática é um extraordinário método para que o aluno compreenda o conteúdo e possa estabelecer a relação entre o ensino e sua aplicação. Essa metodologia parece ser capaz de proporcionar uma aprendizagem mais significativa do que os métodos tradicionais empregados nas salas de aula, que, ordinariamente, priorizam a memorização dos conteúdos. Nesse sentido, é oportuno citar:

*... o ensino de física nas escolas brasileiras vem recebendo, há anos, a crítica por não se realizarem atividades experimentais; o único recurso do professor, segundo*

*esse autor, tem sido 'saliva e giz'. O autor ressalta, ainda, que ao aluno cabe apenas ouvir, copiar e memorizar. Essa prática nada contribui para um ensino eficaz da ciência física... o ensino deve estimular ideias, permitindo aos alunos pensar e interpretar o mundo que os cerca. O cotidiano vivenciado pelos estudantes é fundamental na definição da forma de abordagem dos conteúdos previamente definidos como relevantes. Nesse contexto, atividades experimentais ganham importância. (PEREIRA; AGUIAR, 2006).*

*A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. (GUIMARÃES, 2009).*

A atividade experimental em Física também pode proporcionar outros ganhos pedagógicos. Esse tipo de tarefa exige habilidades e competências distintas daquelas que são utilizadas nas atividades teóricas, como a simples manipulação matemática de dados, para a resolução de exercícios.

*As atividades experimentais podem proporcionar aos alunos o desenvolvimento de vários tipos de habilidades, ao mesmo tempo, podem proporcionar ao professor momentos de aprendizagem, melhorando assim, continuamente, sua postura didática. (REGINALDO; SHEID; GULLICH, 2012).*

*Embora a atividade experimental não seja, por si só, suficiente para a aprendizagem, a literatura aponta que estudantes que têm aulas teóricas com suporte experimental, seja na metodologia tradicional ou em metodologias mais progressistas, apresentam melhores índices de aprendizagem. Há também uma série de habilidades e competências – como refletir e analisar criticamente, interagir socialmente, propor e verificar hipóteses, planejar e fazer experimentos, argumentar e debater ideias, realizar e registrar medidas e observações, elaborar relatórios, selecionar variáveis, estabelecer relações, entre outras – que podem ser desenvolvidas pelos alunos, dependendo de como a atividade experimental é abordada em sala de aula. (OLIVEIRA; SOUZA, 2011).*

Capacidades pessoais (como: motivação; criatividade; autoconfiança; iniciativa; determinação; poder de decisão; de análise crítica; capacidade de comunicação; capacidade de resolução de problemas; raciocínio lógico...), essenciais à qualificação profissional que se deseja no mercado de trabalho, podem ser desenvolvidas (ou adquiridas) com a experimentação.

*É consenso que a experimentação é uma atividade fundamental no ensino de Ciências. A utilização de atividades experimentais, no ensino de Ciências, torna-se importante quando prepara o aluno para o exercício de uma profissão, representado por um fazer que busca a explicação científica dos fenômenos para combater o automatismo, ou seja, o fazer por fazer, para que o aluno tenha oportunidade de vivenciar com mais liberdade os fatos e fenômenos com que lida diariamente. Mas, segundo GALIAZZI e GONÇALVES (2001) as atividades experimentais são pouco frequentes nas escolas, embora permaneça a crença de que, por meio delas, pode se transformar o ensino de Ciências. (SOARES, 2010).*



Além disso, os experimentos podem ser excelentes estratégias de motivação, interesse, diversão e participação, principalmente, para alunos da Educação Básica.

*Os experimentos trazem em seu bojo a estratégia de motivação, a oportunidade de ensinar e aprender por investigação, a imersão do aluno e do professor num contexto dialógico pela busca do conhecimento e um ensino onde a atitude diante de procedimentos científicos mostra a relevância do que se aprende. (VAZ, 2015).*

*Nas aulas normais, a atenção do estudante pode desviar-se facilmente da atividade pedagógica, enquanto a natureza concreta do trabalho de laboratório os ajuda a manter a atenção na tarefa que têm em mãos. E mesmo no caso de distração, sua atenção pode ser plenamente retomada. O laboratório oferece maiores oportunidades de satisfazer a curiosidade natural, favorecer a iniciativa individual e o trabalho independente, permitir que cada um trabalhe dentro de sua medida e de obter um constante retorno quanto aos efeitos do que alguém está fazendo. (TAMIR; LUNETTA, 1990).*

GALIAZZI e GONÇALVES (2001), em seu trabalho “Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências”, apontou os dez motivos para a utilização dessas atividades como recursos didáticos no ensino da Física (apud KERR, 1963):

1. Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. Desenvolver habilidades manipulativas;
4. Treinar em resolução de problemas;
5. Adaptar as exigências das escolas;
6. Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. Motivar e manter o interesse na matéria;
10. Tornar os fenômenos mais reais, por meio da experiência.

Mesmo sendo consenso entre os professores de que as atividades experimentais são essenciais ao processo ensino-aprendizagem, há severas críticas a essa metodologia de trabalho. Segundo HODSON (1994), NOTT e WELLINGTON (1998), TAMIR (1991), WHITE (1996) e WOOLNOUGH (1991), as principais críticas às atividades práticas são:

- atividades em laboratórios, geralmente, são caras;
- a utilização de equipamentos encontrados somente nos laboratórios torna o ensino distante da experiência fora da escola;

- a complexidade das montagens é uma forte barreira para que o estudante compreenda as ideias e conceitos envolvidos nas atividades;
- muitas atividades propostas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos;
- as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter as respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível e, com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada;
- em geral, os alunos percebem as atividades experimentais como eventos isolados onde o objetivo é chegar à “resposta certa”;
- muitas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados, quando são exploradas em roteiros fechados (ou tradicionais);
- algumas atividades práticas podem conflitar com as teorias e frustrar as expectativas dos alunos.

No entanto, num país onde a grande maioria dos estudantes nunca teve a oportunidade de entrar em um laboratório, parece um contra senso questionar a validade de aulas práticas, ainda mais, levando-se em consideração que, na maioria das escolas, elas simplesmente não existem (COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO, 2006).

*Na maioria das escolas, principalmente escolas públicas, não há condições mínimas para a execução de atividades experimentais ou de demonstração. Muitos dos professores que optam por introduzir atividades experimentais arcam com os custos de obtenção de materiais, guias didáticos, dentre tantos outros. Por isso, muitos não lançam olhares para as atividades experimentais. Em muitas escolas não há laboratórios, por isso, muitas atividades são executadas na própria sala de aula. Se por um lado isso é bom, pois diminuiria os problemas quanto ao deslocamento da turma para o laboratório, ao agendamento de uso do laboratório e de materiais, dentre outros; por outro lado, a ausência de atividades experimentais em um espaço apropriado pode desestimular o aluno, pois muitos alunos querem fazer suas investigações, verem com os próprios olhos como tudo ocorre em um laboratório, visto que, na visão de muitos, a Física só é autêntica nesses laboratórios. (VILAÇA, 2012).*

Várias escolas dispõem de equipamentos e laboratórios, que raramente são utilizados. Dentre as várias razões para não serem utilizados, TAMIR (1991) menciona: poucos professores têm formação adequada para trabalhar com atividades práticas; praticamente inexitem atividades já preparadas, bem estruturadas e adaptadas ao Ensino Médio, que colaborem com o trabalho do professor e a falta de planejamento para a realização dessas

atividades. Dessa forma, mesmo que os professores tenham a boa vontade de enfrentar todos esses problemas, improvisando aulas práticas e demonstrações, sem um planejamento sistemático e sem objetivos claros e precisos, dificilmente obterá sucesso.

*Muitas são as justificativas da ausência de experimentação no ensino, dentre elas, podemos enumerar: a precária formação experimental dos professores, o número excessivo de aluno por turma, a ausência de horários específicos para as práticas, o estímulo das escolas em um ensino meramente tradicionalista, a ausência de espaços físicos, a carência de materiais, entre tantas outras. No entanto, os prejuízos advindos dessa conduta comprometem a visão realista dos discentes ao saber científico, pois a experimentação tem um papel crucial na ciência, visto que, é a partir dela que podemos relacionar os fenômenos do mundo que nos cerca e as teorias concebidas da lógica humana. (VAZ, 2015).*

Certamente, o ensino científico-prático não é suficiente para resolver todos os problemas educacionais, mas pode propiciar uma aproximação do conhecimento científico ensinado em sala de aula com aqueles produzidos pelos cientistas. Sem dúvida, as atividades práticas podem propiciar momentos inesquecíveis de fenômenos interessantes e importantes para a motivação e a compreensão dos conceitos científicos, além de proporcionar um conhecimento procedimental, que será fundamental para a aplicação dos conhecimentos de sala de aula nas situações convencionais do dia-a-dia.

*Os trabalhos com atividades experimentais contribuem para que os alunos se tornem ativos no processo de aprendizagem... Outro aspecto a considerar é que uma experiência que permite a manipulação de materiais pelos estudantes ou uma demonstração experimental pelo professor, nem sempre precisa estar associada a um aparato sofisticado. Importa à organização, discussão e reflexão sobre todas as etapas da experiência, o que propicia interpretar os fenômenos físicos e trocar informações durante a aula, seja ela na sala ou no laboratório. Neste sentido, ROSITO (2003, p. 206) acredita que seja possível realizar experimentos na sala de aula, ou mesmo fora dela, utilizando materiais de baixo custo, podendo contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos alunos. Ressalta que não dispensa a importância de um laboratório bem equipado na condução de um bom ensino, mas acredita que seja possível superar a ideia de que a falta de um laboratório equipado justifique um ensino fundamentado, apenas, no livro texto. (FORÇA; LABURÚ; SILVA, 2008).*

Concluindo, apesar de todas as críticas relacionadas às atividades práticas, há consenso entre professores e alunos de que a experimentação é um importante recurso no processo ensino-aprendizagem, pois atividades experimentais, apropriadamente planejadas, podem facilitar o entendimento dos conceitos físicos, que muitas vezes entram em conflito com as noções intuitivas. Frente aos grandes benefícios que essas atividades podem proporcionar aos estudantes, minha intenção é consolidar o uso dessa metodologia de ensino, disponibilizando materiais alternativos, pedagogicamente adequados aos alunos do Ensino

Médio, que possam orientar, auxiliar e agilizar o trabalho dos professores, contribuindo para a melhoria da educação.

## CAPÍTULO 2

Neste capítulo, discutiremos aspectos específicos à experimentação por meio de roteiros. Destacaremos a classificação das atividades práticas denominadas abertas e fechadas, mencionando suas vantagens e limitações. Por fim, defenderemos o uso das atividades experimentais fechadas na Educação Básica.

### PRÁTICAS POR MEIO DE ROTEIROS DE EXPERIMENTOS

De acordo com a investigação de SOARES (2010), intitulada “Atividades experimentais no ensino de Física: as concepções dos professores de Física do CEFET-PI”, nas pesquisas em ensino de Física há relatos de várias maneiras de se classificar as atividades experimentais.

*Ainda de acordo com o trabalho de ARAÚJO e ABIB (2003), a análise do papel das atividades experimentais, desenvolvidas amplamente nas últimas décadas, revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e revirem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (SOARES, 2010).*

Dentre as várias classificações possíveis para as atividades experimentais, nesse trabalho, nos ateremos às especificidades daquelas que são denominadas fechadas, muitas vezes referidas como “tradicionais”, e das denominadas abertas, também conhecidas como “investigativas”.

*Há uma imensidão de possibilidades de recorrer a atividade experimental, desde atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração, em geral conotados com uma abordagem tradicional do ensino, até atividades de natureza investigativa, que já surgem com alguma regularidade, e que, de alguma forma se relacionam com uma visão construtivista do ensino. Contudo, para que o ensino se reflita em aprendizagem, cabe ao professor a seleção da metodologia experimental mais adequada à aprendizagem pretendida, pois diferentes modalidades de experimentação privilegiam diferentes objetivos educacionais. (CASSARO, 2012).*

As atividades experimentais fechadas (tradicionais) são caracterizadas por apresentarem uma estrutura rígida, geralmente expressa por meio de um roteiro, que guia e controla toda atuação dos alunos, na implementação das tarefas.

No desenvolvimento desse tipo de atividade, geralmente, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções do roteiro, que orienta minuciosas observações e

medidas acerca dos fenômenos em análise e, a partir dessas observações e medidas, preenchem um questionário ou relatório de experimento, com os objetivos de constatar ou testar conceitos aprendidos nas aulas teóricas e de aprender a utilizar instrumentos e técnicas específicos.

*Geralmente, são atividades acompanhadas por um texto-guia que serve de roteiro para o aluno, tipo “receita de bolo”. Apesar de uma participação ativa do aluno, seu poder de decisão é limitado tendo um roteiro a seguir, impossibilitando a modificação da montagem experimental... Devido ao grau de estruturação dos experimentos, o tempo de reflexão do aluno, assim como a tomada de decisão sobre a próxima ação ou passo, a opção por quantidades de medidas a serem realizadas, ficam restritas ao “receituário” a ser seguido... outra característica comum é que o relatório experimental é o “ápice” do processo. Tudo é dirigido para a tomada dos dados, elaboração de gráficos, análise dos resultados e comentários sobre “erros experimentais”. (FORÇA; LABURÚ; SILVA, 2008).*

*...tanto nas universidades como nas poucas escolas que possuem laboratórios, a utilização de experimentos ainda é feita a partir de práticas fechadas, onde os alunos não conseguem compreender claramente o que estão fazendo, já que estas são acompanhadas por um “receituário”, com regras rígidas, que impedem a reflexão e principalmente a criatividade. (PEREIRA; AGUIAR, 2006).*

As atividades experimentais abertas (investigativas) são mais flexíveis do que as atividades fechadas, dando aos alunos maior liberdade para manipular os equipamentos e explorar os fenômenos físicos.

*... as atividades abertas incorporam outros elementos, apresentando uma maior abertura e flexibilidade para discussões que podem permitir um aprofundamento nos aspectos conceituais e práticos relacionados com os equipamentos, a possibilidade de se levantar hipóteses e o incentivo à reflexão crítica. (ARAÚJO; ABIB, 2003).*

A tendência atual, apresentada e defendida em muitas pesquisas recentes, é privilegiar as atividades experimentais abertas, que possibilitam maior interação do aluno com os equipamentos laboratoriais e com a manipulação dos fenômenos a serem analisados.

*A investigação experimental e científica deve ser estimulada, não a partir de manuais ou roteiros autoexplicativos, estruturados segundo uma rígida sequência de passos, mas a partir de roteiros abertos, alterando significativamente o papel do professor e do aluno no processo educativo. O saber do professor deve ser superior ao que se exige sobre a matéria que se ensina; além disso, ele é o responsável por lançar desafios, promover debates, provocar no aluno a insatisfação e o desejo de querer buscar explicações. O professor é o mediador entre o tranquilo e a inquietude, entre o senso comum e o conhecimento científico. O aluno deve sair da postura passiva de ouvinte e participar ativamente das aulas, perguntando, expondo suas ideias, apresentando sugestões para a solução de problemas. (PEREIRA; AGUIAR, 2006).*

*... a utilização de atividades investigativas, normalmente fundamentadas na utilização de questões abertas ou problematizadoras, permite criar situações que tendem a propiciar boas condições para que os alunos reflitam sobre a atividade*

*científica e tecnológica. Além disso, permite também o exercício da criatividade, pois os alunos são frequentemente confrontados com problemas concretos que necessitam de soluções para que a atividade continue a ser encaminhada. (SENRA; BRAGA, 2014).*

No entanto, a maioria das atividades experimentais abertas, sugeridas para alunos do Ensino Médio, são propostas de projeto e, não, atividades para serem desenvolvidas em uma única aula, pois requerem tempo, para serem eficientes. Nesses projetos, os alunos são convidados a pesquisar e solucionar um problema físico. Para tanto, precisam: conhecer as leis físicas e equipamentos laboratoriais; planejar e a conduzir suas ações, e participar, ativamente, de todas as fases de solução do problema, desde o levantamento de hipóteses, até a elaboração das conclusões.

*'Nesta abordagem o aluno tem à sua disposição vários tipos de equipamentos e situações que o levam a uma redescoberta. Seu pressuposto fundamental seria que o aluno, descobrindo por si só determinada lei ou fenômeno, teria um aprendizado mais efetivo' (FERREIRA, 1978, p. 27). É preciso fornecer aos alunos condições mínimas necessárias para que isto ocorra e o processo não seja frustrante, tanto para o aluno, quanto para o professor. (FORÇA; LABURÚ; SILVA, 2008).*

Ao meu ver, a grande dificuldade na implementação dessas atividades abertas é que os alunos da Educação Básica ainda estão em formação. Aliás, é no Ensino Médio que a maioria dos estudantes tem seus primeiros contatos com a disciplina Física. Estão conhecendo os métodos, os modelos e o formalismo dessa disciplina, que são utilizados para estabelecer as leis científicas que elucidam os fenômenos naturais. Além disso, segundo Piaget, os alunos do Ensino Médio, geralmente entre 14 e 16 anos de idade, estão no início da fase operatória-formal e, por isso, suas estruturas cognitivas ainda estão em desenvolvimento para alcançar o nível mais elevado de abstração, quando estarão aptos a aplicar o raciocínio lógico a todas as classes de problemas. Dessa forma, poucos alunos desse nível de escolaridade têm condições cognitivas e epistemológicas para trabalhar com atividades experimentais abertas, que geralmente são sugeridas com o objetivo de redescobrir princípios científicos.

*A implementação de atividades experimentais exige novas estruturas de pensamento e, um indivíduo, só pode aprender determinado conceito científico se dispuser de uma estrutura mental lógica que permita a compreensão desse conceito. Se a estrutura não existir, é inútil ensinar, qualquer que seja o método utilizado (GASPAR, 2003, p.14).*

*Propunham-se atividades abertas, ou seja, que não fixam objetivos explícitos e bem determinados. Esperava-se que bastaria a observação de determinados fenômenos experimentais para que os alunos, quase sempre trabalhando em grupos, fossem levados a redescobrir as leis ou princípios científicos que descreviam ou explicavam esses fenômenos. A ideia era reproduzir, na sala de aula ou no laboratório, o que alguns pedagogos e cientistas entendiam ser o*

*método científico. Mas, esse projeto teve pouco alcance e resultados quase nulos. Raramente, algum aluno chegava a redescobrir uma lei ou princípio científico, por mais simples que fosse a relação entre o fenômeno observado e a lei que o enunciava. Quando a redescoberta ocorria, eram eventos isolados, atípicos, que não se reproduziam em outras ocasiões, mesmo quando se refazia a mesma atividade com os mesmos procedimentos. A principal causa desses fracassos é um equívoco epistemológico, ou seja, a compreensão errônea de como ocorrem as descobertas científicas... A observação de novos fatos resultantes de experimentos pode dar origem a perguntas, não a respostas. (GASPAR, 2003, p.12).*

Neste ponto, é importante, também, deixar claro a diferença entre o laboratório didático, destinado a verificar ou constatar determinados aspectos de uma lei ou teoria, e o laboratório “científico”, cujo objetivo é realizar pesquisas, a fim de investigar os fundamentos das leis ou teorias, além de descobrir e/ou desenvolver novas tecnologias. Dessa forma, ao trabalhar com atividades abertas, professores e alunos podem distorcer os objetivos dos experimentos, que geralmente são utilizados para comprovar ou demonstrar aspectos da teoria estudada em sala de aula.

*Essa concepção particular do processo de produção do conhecimento sugere para professores e estudantes que as atividades práticas escolares são da mesma natureza e têm a mesma finalidade que as atividades experimentais e de observação que os cientistas fazem nos seus laboratórios de pesquisa. As atividades práticas e os experimentos científicos são atividades bem distintas, com objetivos bastante diferentes. O cientista passou anos de sua vida estudando determinada área da Ciência e quando se prepara para realizar um experimento ou conjunto de experimentos, ele o faz para resolver um problema que o interessa e, para o qual, pode estar buscando uma solução há muito tempo. (SOARES, 2010).*

O produto educacional, requisito parcial à conclusão desse curso, bem como essa proposta de pesquisa, é sobre atividades experimentais que foram desenvolvidas para serem implementadas em uma única aula, a fim de constatar ou verificar o que estão estudando na teoria. Nessa aula, os alunos conhecerão o problema e os materiais a serem utilizados em sua solução, visto que, geralmente, a Física só dispõe de duas horas-aulas semanais para o desenvolvimento de todo o seu conteúdo. Portanto, não terão muito tempo para pesquisar e propor uma solução para o problema. Nesse sentido, todas as atividades que propomos são classificadas como fechadas. Mas, mesmo sendo fechadas, essas atividades experimentais podem melhorar o ensino de Física e proporcionar uma aprendizagem significativa, principalmente, quando se leva em consideração as condições de trabalho que comumente se vê nas escolas brasileiras.

*Ficou constatado que os professores são favoráveis à utilização de atividades experimentais... No entanto, ressaltam que a escola deve disponibilizar mais equipamentos, bem como, horários disponíveis para as devidas atividades,*



*viabilizando a formação de turmas com menor número de alunos para as atividades experimentais. Além disso, os professores ressaltaram a necessidade de capacitação para sentirem-se seguros para desenvolverem tais atividades. (SOARES, 2010).*

*... apenas os professores é que se dedicam ao laboratório. Mas, eles sempre estão com carga horária máxima, e o mesmo requer muito tempo para deixá-lo organizado e mesmo depois de organizado, sempre que for preciso fazer uma experiência, o professor precisa ir antes e deixar tudo pronto e depois da aula dada precisa limpar e guardar todos os materiais utilizados, e este trabalho às vezes não é possível... ...no Ensino Médio, as atividades experimentais de física são raramente utilizadas pela maioria dos professores. Ao estudar esse comportamento, investigações apontam como justificativas os seguintes fatores: indisponibilidade ou qualidade de material; excessivo número de alunos em sala de aula; formação precária dos professores; pouca bibliografia para orientá-los; restrições institucionais, como falta de tempo para as aulas, indisponibilidade da sala de laboratório; ausência de horário específico na programação; necessidade de laboratorista; inexistência de programação e articulação entre atividades experimentais com o curso; falta de atividades preparadas; ausência de tempo para o professor planejar e montar suas atividades; carência de recurso para a compra e substituição de equipamentos e de materiais de reposição. Como se percebe, os problemas citados concentram na carência ou na deficiência de algo, a maior parte das explicações para as resistências dos professores em usar experimentos na sua prática de ensino de física. (CASSARO, 2012).*

*O trabalho de laboratório consiste em propiciar experiências em ciência. Contudo, esta potência é raramente atingida. Os obstáculos são organizacionais e não são inerentes ao ensino no laboratório em si mesmo... O que é necessário é mais planejamento cuidadoso e pensamento preciso sobre os objetivos educacionais. Oferecendo uma experiência científica legítima e genuína, o curso de laboratório pode tornar o estudante em um melhor observador, um pensador mais cuidadoso e preciso e um selecionador de problemas mais resolutivo. E isso é o que concerne à educação. (TAMIR; LUNETTA, 1990).*

Além de todos esses argumentos, as diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais estabelecem que o Ensino Médio tem como objetivo: a formação ética; o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; e a preparação para o prosseguimento de estudos. O Ensino Médio deve contemplar formas de apropriação e construção de sistemas de pensamento mais abstratos e ressignificados, para que os estudantes ampliem suas competências básicas, as quais lhes permitam desenvolver a capacidade de continuar aprendendo.

*De acordo com os PCN (BRASIL, 2000), qualquer tipo de atividade experimental deve permitir diferentes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual, bem como a tomada de dados significativos, com os quais se possam verificar ou propor hipóteses explicativas e preferencialmente fazer previsões. E, ainda, segundo o PNLEM (BRASIL, 2007), os experimentos propostos pela obra devem ser factíveis, com resultados plausíveis, sem transmitir ideias equivocadas de fenômenos, processos e modelos explicativos, considerando-os de forma não-dicotômica, ter*

*uma perspectiva investigativa, com uma metodologia que estimule o raciocínio, a interação entre alunos e professores. (SOARES, 2010).*

É importante destacar, ainda, que as considerações oriundas da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, incorporadas nas determinações da Lei nº 9.394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação), propõem que a Educação Básica deva ser estruturada em quatro alicerces: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. Neste contexto, o desenvolvimento de atividades de laboratório, mesmo que sejam fechadas, seguindo rígidos procedimentos para a solução de problemas e/ou percepção de fenômenos, está totalmente em acordo com a legislação e diretrizes vigentes. As atividades experimentais ensinam a conhecer e a aprender, uma vez que, a maioria dos estudantes secundaristas, geralmente, não sabe o que fazer e observar durante o experimento. Eles veem o fenômeno acontecer, mas não percebem as relações entre as várias variáveis envolvidas. Assim, esse tipo de atividade pode orientar os alunos sobre os aspectos essenciais dos experimentos, permitindo desenvolver a capacidade de continuar aprendendo, e deixando as atividades mais complexas, como o desenvolvimento de novos procedimentos e tecnologias, para estudos mais avançados: a Educação Superior.

*Apesar de algumas dificuldades apresentadas pelos professores, é necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante interagir conhecimento prático e conhecimento teórico... (BORGES, 2002).*

No entanto, para que as atividades experimentais sejam mais eficazes, é necessário que os professores estejam atentos às necessidades de seus alunos. Mesmo nas atividades fechadas, o professor é o condutor do processo e, por isso, precisa conhecer bem todos os objetivos e procedimentos da tarefa, além de estar preparado para auxiliar seus alunos, no que for preciso. Aliás, quando o professor está bem preparado e tem condições favoráveis, ele aproveita a situação-problema do experimento e vai além dos procedimentos fechados do roteiro, dialogando e refletindo com seus alunos, sobre outras maneiras e métodos que solucionariam a questão.

*Para que seja ampliada a eficiência do processo de aprendizagem, acredita-se que estas atividades devam ser conduzidas de modo que seja permitido o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscar explicações para os fenômenos estudados e possibilitando, assim, a elaboração de novas ideias a partir da vivência de situações capazes de propiciar o desenvolvimento da capacidade de abstração e de aprendizagem dos discentes. (MARQUES et al., 1994).*

*Para tanto, há de se remover o medo que muitos alunos têm de explorar, de manipular, de descobrir. Os experimentos são aqui propostos no intuito de*

*encorajar e estimular a interação com os alunos, dentre tantos recursos que o professor pode dispor, seja para otimizar o tempo, seja para a apropriação do novo conhecimento por parte destes. É importante ressaltar que nenhuma metodologia ou recurso atingirá êxito se educadores e educandos não se sentirem convidados ao diálogo, à interação e à reflexão (SALES; OLIVEIRA; PONTES, 2010).*

*Nesse aspecto, o professor deve evitar um experimentalismo puro, atrelado ao simples manuseio de objetos e equipamentos com a intenção de quebrar a apatia dos alunos em sala de aula. A experimentação deve apresentar objetivos mais amplos para a aprendizagem da Física, manipulando interpretações e ideias sobre observações e fenômenos, com o intento de produzir conhecimentos benéficos para vida dos estudantes. (REIS, 2014).*

Concluindo, por causa das dificuldades que são encontradas nas escolas brasileiras, principalmente relacionadas à falta de tempo para o desenvolvimento de projetos em Física, visto que, geralmente, só há duas horas-aulas semanais para explanação de todo conteúdo dessa disciplina, a utilização de roteiros fechados (ou tradicionais) é uma maneira possível para a realização de atividades experimentais no Ensino Médio. No entanto, para que essas atividades sejam eficazes, é necessário que os professores estejam bem preparados para auxiliar seus alunos. Nesse sentido, o produto desse mestrado e o guia para professores (material complementar que tem o objetivo de dar dicas e orientações aos professores) podem contribuir para a melhorar dessa importante metodologia de ensino de Física.

## CAPÍTULO 3

Neste capítulo, discutiremos a relevância das atividades experimentais propostas em livros didáticos do Ensino Médio, catalogando suas contribuições para o processo ensino-aprendizagem e destacando suas fragilidades e advertências.

### PROPOSTAS DE EXPERIMENTOS EM LIVROS DIDÁTICOS

O livro didático ainda é o recurso mais utilizado pelos professores, muitas vezes sendo o único instrumento educacional de auxílio à preparação e ao desenvolvimento de suas atividades pedagógicas. Isso fica claro nos relatos a seguir:

*...o livro didático não é o único recurso utilizado, mas continua sendo o mais importante, para a grande maioria dos professores. (AMARAL, 2006).*

*O livro didático constitui um elo importante na corrente do discurso da competência: é o lugar do saber definido, pronto, acabado, correto e, dessa forma, fonte única de referência e contrapartida dos erros das experiências de vida. Tal colocação, deixa o livro didático numa posição central, como principal e única fonte de saber, sem que o mesmo esteja aberto a diálogos e debates relacionados às problemáticas apresentadas por ele. Mesmo diante das transformações metodológicas implantadas a partir dos avanços tecnológicos, vivenciados na atualidade, o livro escolar continua a ser o material didático mais utilizado nas salas de aula do Brasil. No entanto, verifica-se que existe uma carência muito grande de pesquisas que discuta o uso do livro didático, ou seja, de pesquisas que visam analisar como se dá a interação entre conteúdo livresco, o saber do professor e o saber do estudante. (OLIVEIRA, 2008).*

Por ser, praticamente, a única referência utilizada pelos professores, o livro didático tem determinado os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula e estabelecido as estratégias de ensino a serem utilizadas pelos professores.

*... chegou a tal ponto que ele (o professor) não tem mais a capacidade de inovar, dependendo única e exclusivamente do livro didático para poder compreender e repassar o conteúdo para os alunos, e ainda utilizam este recurso didático de um modo completamente equivocado sem procurar envolver o conteúdo programático com a realidade do aluno, se prendendo a um método extremamente teórico com uma leitura monótona e cansativa para ambos (professores e alunos), e de difícil compreensão. (OLIVEIRA, 2008).*

*Para o professor é o principal roteiro empregado na programação e desenvolvimento das atividades em sala de aula ou extraclasse. Sua utilização, entretanto, não deve ser feita de maneira inflexível, como sendo ele uma referência que encerra toda a verdade dos fatos. O professor deve estar preparado para fazer uma análise crítica e julgar os méritos do livro que utiliza ou pretende utilizar, assim como para introduzir as devidas correções e/ou adaptações que achar convenientes e necessárias. (PIMENTEL, 2006).*

Muitos livros didáticos trazem propostas de atividades experimentais, geralmente apresentadas como roteiros de experimentos fechados. De acordo com o que foi afirmado, essas propostas são essenciais à formação integral do aluno. Mas, para serem mais eficientes e potencialmente significantes, precisam ser adequadas ao nível de conhecimento dos alunos, uma vez que, em sua maioria, se concentram na apresentação de procedimentos a serem seguidos, sem oferecer os demais aspectos necessários à realização de uma boa prática experimental.

Sobre esse assunto, BARROS e HOSOUIME (2008), que pesquisavam sobre as atividades experimentais em livros didáticos nos livros indicados pelo PNLEM, concluíram que:

- *a principal estratégia de ensino adotada pela maioria dos autores das coleções analisadas é aquela que deixa a cargo do aluno o desenvolvimento da atividade experimental. Esta proposta pedagógica repousa na ideia de que o aluno aprende melhor se manusear os instrumentos;*
- *pouco espaço há, para experimentos em que o aluno colha dado, analise-os, construa uma tabela, um gráfico ou desenvolva uma equação e, a partir disto, solucione determinado problema;*
- *atividades que se relacionam com outras áreas do conhecimento e com a cultura contemporânea ou que pelo menos deixa claro esta relação também não são comuns;*
- *a linguagem não é bem explorada. Poderia ser solicitado ao aluno, por exemplo, explicações ou texto escrito sobre os resultados e dificuldades encontradas, ou relatos de situações, do cotidiano, que as experiências representam, ou ainda alternativas experimentais possíveis para se tratar o conteúdo abordado;*
- *em algumas coleções várias experiências não são acompanhadas de uma figura ou esquema que melhor ajude na compreensão da atividade.*

Além disso, muitas dessas atividades possuem erros conceituais e/ou falhas procedimentais. Desta forma, se forem implementadas, exatamente, como são propostas, podem resultar em conhecimentos adversos à ciência e, o que é pior, colocar professores e alunos em situação de risco.

*Atualmente, é comum encontrar livros didáticos de Ciências, particularmente de Física, que apresentem alguma proposta experimental para ser trabalhada em sala de aula, ou até mesmo fora dela, pelos alunos. Isso se deve muito à importância dada, por pesquisadores e professores, à experimentação no processo de ensino-aprendizagem dessa disciplina. No entanto, usualmente encontramos, nos roteiros sugeridos por esses materiais, problemas que podem comprometer a realização da prática, tais como falta de informações, ilustrações fora de escala e até mesmo sugestões de materiais inapropriados. Se o professor ou aluno seguirem passo a passo as instruções de um roteiro problemático, certamente obterão como resultado um experimento que não funciona adequadamente. A decepção com um experimento que não funcionou adequadamente pode levar muitos docentes e estudantes a perderem o interesse por esse tipo de atividade. O resultado pode ser*

*a frustração e, até mesmo, um sentimento de incapacidade de ambas as partes: o de não conseguir ensinar e o de não conseguir aprender Física, mistificando a análise experimental como algo muito complicado e restrito a mentes brilhantes. (OLIVEIRA; SOUZA, 2011).*

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) destaca que “as atividades práticas, envolvendo montagens experimentais e manipulação de substâncias, devem ser consideradas quanto à sua pertinência pedagógica e aos riscos reais e potenciais que sujeita os alunos”. Sobre esse assunto, PIMENTEL (2006) acrescenta que a análise de alguns livros didáticos disponíveis revelou a existência de vários problemas (desde descuidos de revisão até falta de domínio de conteúdos). No caso de experiências, ele cita o fato do autor não tê-las executado ou não saber como fazê-las.

*Outro livro sugere que o aluno realize um experimento, para verificar os fenômenos de fusão do gelo, vaporização e condensação da água, colocando alguns cubos de gelo num prato que é aproximado de um fluxo de vapor, de acordo com uma ilustração. Esta mostra um par de mãos desprotegidas, mantendo o prato sobre o vapor que está sendo produzido por uma chaleira, colocada sobre a chama de um fogão... Reproduzindo o que vê na ilustração, com as mãos desprotegidas, o aluno poderá sofrer queimaduras provocadas pelo vapor. Pode, até mesmo, derrubar a chaleira, espalhar a água fervente e, novamente, queimar-se.*

*De outro livro, destacamos os seguintes parágrafos, num texto que se propõe a esclarecer o funcionamento da solda elétrica: “colocando um bastão de carvão (como os que vêm dentro de pilhas de lanterna) em cada ponto de um fio ligado à rede, ao aproximar as pontas desses carvões, será produzida uma luz muito brilhante e quente. É o chamado arco-voltaico. Substituindo as pontas de carvão por pontas metálicas é possível produzir calor suficiente para fundir metais, unindo-os. É a solda elétrica de grande emprego na indústria”.*

*O texto praticamente fornece uma "receita" e induz o aluno a obter o arco-voltaico e construir uma solda elétrica. Ele não contém qualquer alerta, nem recomendações de segurança e refere-se à rede elétrica doméstica como fonte de energia. Se o aluno tentar reproduzi-lo, tanto manipulando as pontas, quanto aproximando-as, com o propósito de fazer funcionar sua solda elétrica, será vítima de um choque elétrico, de consequências imprevisíveis. (PIMENTEL, 2006).*

*Por essas e outras razões, qualquer roteiro experimental, principalmente aqueles fortemente estruturados, deve apresentar objetivos bem definidos, sugerir e especificar com clareza os materiais necessários, de preferência aqueles que sejam acessíveis aos docentes e alunos, descrever com detalhes cada etapa da montagem experimental apontando soluções alternativas aos problemas que possam ocorrer, apresentar esquemas explicativos e de montagem em escala real, sempre que possível, e ter um grau de complexidade compatível com o nível cognitivo dos estudantes. (OLIVEIRA; SOUZA, 2011).*

O livro didático é fundamental ao processo ensino-aprendizagem, mas é preciso estar atento às atividades propostas, principalmente as experimentais, que podem trazer riscos à saúde dos estudantes. O professor deve ser cauteloso no uso dessas tarefas e, sempre que

necessário, deve fazer ajustes nessas propostas, a fim de garantir uma execução segura e correta, livre de erros conceituais e procedimentais.

*O livro didático deve ser encarado como um importante instrumental de apoio ao professor e aos alunos, porém não deve ser utilizado como uma fonte que contém a verdade absoluta. As situações destacadas mostram que ele pode apresentar imprecisões e incorreções, ao longo de seu conteúdo. Portanto, é importante que, no processo de escolha de um livro didático, o professor se preocupe em analisar, criteriosamente: o conteúdo; os aspectos metodológicos; a correta formulação de conceitos e a presença de atividades práticas ou extraclasse pertinentes, que não ofereçam riscos à integridade física dos alunos. Além disso, o professor deve estar preparado para corrigir problemas existentes nos livros. (PIMENTEL, 2006).*

## CAPÍTULO 4

Neste capítulo, apresentamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que, em sua essência, estabelece o conceito de aprendizagem significativa, além de considerações acerca dos materiais potencialmente significativos, que são pontos fundamentais à base deste trabalho, uma vez que se deseja uma aprendizagem que seja eficiente e duradoura.

### TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da assimilação de David Paul Ausubel, ou teoria da aprendizagem significativa, é uma teoria cognitivista que procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana, com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento.

Para Ausubel, o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Para ele, novos conhecimentos podem ser aprendidos, na medida em que os conceitos relevantes e inclusivos estejam disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem de novas ideias e conceitos. E, em função dessa ancoragem, há modificações nos atributos da estrutura cognitiva desse indivíduo, pela aquisição das novas informações, tornando os conhecimentos âncoras mais elaborados e estáveis.

**Aprendizagem significativa** é o processo por meio do qual a nova informação relaciona-se com o conhecimento preexistente na estrutura cognitiva do indivíduo, a qual Ausubel define como subsunçor.

Subsunçor é uma estrutura específica à qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz.

*É a estrutura cognitiva, entendida como conteúdo total de ideias de certo indivíduo e sua organização; ou, conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimentos. É complexo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento. (MOREIRA, 1999).*

Aprendizagem Mecânica é a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sendo, então, armazenada de maneira arbitrária. Em geral, envolve conceitos não familiares para o aprendiz, mas no momento em que é assimilada, passa a se integrar ou criar novas estruturas cognitivas.

*Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento, assim adquirido, fica arbitrariamente distribuído na estrutura*



*cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica. (MOREIRA, 1999).*

A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele, isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

Para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, Ausubel introduz o "princípio de assimilação" ou "teoria da assimilação". Segundo ele, o resultado da interação que ocorre, na aprendizagem significativa, entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma assimilação de antigos e novos significados que contribui para a diferenciação dessa estrutura. No processo de assimilação, mesmo após o aparecimento dos novos significados, a relação entre as ideias-âncora e as assimiladas permanece na estrutura cognitiva.

Na teoria de Ausubel, podemos destacar dois processos intrínsecos à aprendizagem significativa, a saber: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O primeiro é quando as ideias mais gerais e inclusivas são inicialmente apresentadas sendo gradativamente diferenciadas, onde os significados vão ficando mais abrangentes à medida que são estabelecidas novas relações, no segundo ocorre a exploração entre as similaridades e diferenças relevantes, explorando relações entre proposições e conceitos. Neste último processo, o aprendiz consegue visualizar relações entre conceitos concebidos de forma até então isolada.

*A diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as ideias mais gerais e mais inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas no início do ensino para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus pormenores e em suas especificidades... A reconciliação integrativa estimula a percepção das semelhanças e diferenças entre as ideias mais específicas (diferenciadas), na busca de uma ideia mais abrangente, que as englobe. (MOREIRA, 1999).*

O primeiro e mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aprendiz, no momento da aprendizagem, que pode alterar a qualidade da aprendizagem significativa e a retenção dos conteúdos. Essa estrutura cognitiva, no entanto, pode ser influenciada de duas maneiras:

- Substantivamente, pela apresentação, ao aprendiz, de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras;
- Programaticamente, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino.

Nesse contexto, **Material Potencialmente Significativo** é o material que tem a característica de ser relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal.

Convém destacar que o aprendiz deve manifestar uma pré-disposição em aprender, para relacionar, significativamente, o novo material a sua estrutura cognitiva. Esta condição implica que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos. A aprendizagem significativa é uma decisão do sujeito, acima de tudo.

Concluindo, o papel pedagógico envolve ao menos 4 partes:

- Determinação da estrutura da matéria de ensino e seu Potencial Significativo, de modo a organizá-lo numa sucessão de melhor possibilidade de assimilação;
- Identificação dos subsunçores do processo sequencial de ensino que devem possuir correlatos nas Estruturas Cognitivas do aprendiz;
- Identificação do Potencial Significante do aprendiz, isto é, a suas Estruturas Cognitivas já consolidadas;
- Aplicação de um método de ensino que priorize a associação dos conceitos da matéria com os subsunçores do aprendiz de forma a criar uma Aprendizagem Significativa, e possibilitar uma gama de opções de associação de conceitos de modo a levar a uma Consolidação do aprendizado.

*Em termos de aumentar as possibilidades de ocorrência de aprendizagem significativa, o educador deve conhecer os conceitos chaves, identificar os subsunçores, elaborar materiais potencialmente significativos, localizar os conceitos unificadores, abrangentes e específicos. (PIRES, 2005).*

*As atividades práticas podem assumir papel fundamental na promoção de aprendizagens significativas em ciências e, por isso, consideramos importante*

*valorizar propostas alternativas de ensino que demonstrem potencialidade da experimentação através de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos, inerentes aos processos do conhecimento escolar. (ZANON; SILVA, 2000).*

*Contudo, o ensino experimental não tem cumprido com esse importante papel (melhorar o processo ensino-aprendizagem) no ensino de ciências. A ampla carência de embasamento teórico dos professores, aliada à desatenção ao papel específico da experimentação nos processos da aprendizagem, tem impedido a concretização do objetivo central que é o de contribuir para a construção do conhecimento. O aspecto formativo das atividades práticas-experimentais tem sido negligenciado, muitas vezes, ao caráter superficial, mecânico e repetitivo em detrimento aos aprendizados teórico-práticos que se mostrem significativos. Nesse sentido, é essencial, em relação aos processos interativos e dinâmicos que caracterizam a aula experimental de ciências, a ajuda pedagógica do professor que, de forma não simétrica, faz intervenções e proposições sem as quais os alunos não elaboram. De nada adianta realizar atividades práticas em aula se as mesmas não propiciam o momento da discussão teórico-prática, que transcende o conhecimento de nível fenomenológico e os saberes cotidianos do aluno, e leve a novos entendimentos e produções. (CASSARO, 2012).*

Mas, como constatar se houve aprendizagem significativa? A compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Assim, a melhor maneira de se evidenciar a aprendizagem significativa é formular novas questões e problemas, que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido.

Concluindo, de acordo com o que foi discutido, cabem ao professor a identificação dos conhecimentos preexistentes e o ensino de acordo com eles. Nesse sentido, BESSA (2008) afirma que “... os materiais, as explicações introdutórias e todo conjunto de atividades voltadas para construção de uma ideia inicial sobre algum conteúdo podem ser consideradas um elemento subsunçor, contanto que atue, de fato, como facilitador da aprendizagem”.

Assim, retornando às atividades experimentais, é fundamental que os roteiros de experimentos contendam: introduções teóricas; explicações, figuras e textos auxiliares, e objetivos claros e precisos, pois tudo isso serve como elemento subsunçor, desde que sejam apropriadamente adequados ao nível do estudante. É interessante, também, que o aluno tenha acesso às atividades experimentais antes das aulas no laboratório, para que possa ler e refletir, previamente, sobre o que vai ser discutido e experimentado em cada aula, já construindo ou reestruturando os conhecimentos âncoras necessários.

Convém lembrar que, para alcançar a aprendizagem significativa, o aluno precisa querer relacionar o conteúdo estudado aos elementos do seu sistema cognitivo. Essa é uma decisão dele. Contudo, a influência do professor e do material pode ser fundamental nessa

escolha. Acredito que a forma como o conteúdo é apresentado, trabalhado e discutido pode contribuir com o sucesso ou o fracasso da aprendizagem significativa. Uma das maneiras de se motivar e estimular os alunos é demonstrar a aplicabilidade e a relevância dos conteúdos estudados. Nesse caso, as atividades experimentais têm todos os ingredientes necessários para o envolvimento dos alunos.

Outra maneira de tornar o conteúdo mais atraente é aumentar gradativamente o grau de complexidade abordado, para que os alunos não se sintam perdidos, e tenham condições, a cada nova etapa, de relacionar o novo conhecimento com os subsunçores mais elaborados e estáveis. Nesse sentido, o produto pedagógico desse curso foi desenvolvido como um estudo dirigido, no qual a complexidade das questões e dos procedimentos vai aumentando gradativamente, sempre exigindo que o aluno, a cada nova ação, pare, reflita sobre o que está fazendo e, em função dos objetivos da atividade, encontre a melhor resposta para cada questão proposta. Esses passos são essenciais para que se consiga uma aprendizagem significativa.

## **CAPÍTULO 5**

Nesse capítulo, descrevemos as etapas de implementação da pesquisa e discutimos seus resultados. Os primeiros dados são referentes à aplicação de um questionário a um grupo de professores. Em seguida, foram realizados experimentos com alunos de uma escola privada do DF. Por fim, esses mesmos alunos participaram da aplicação de pós-testes, com a finalidade de verificar se houve aprendizagem significativa dos conteúdos explorados nos experimentos.

### **METODOLOGIA E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Nesse trabalho, a pesquisa tem enfoque educacional, com o objetivo de traçar estratégias para a avaliação de atividades experimentais, com relação àquilo que se acreditar ser essencial em uma atividade dessa natureza, a fim de contribuir com o desenvolvimento do ensino e, em decorrência, com o aprendizado dos alunos.

Para o desenvolvimento da pesquisa, contamos com a experiência e a concepção de ensino dos professores participantes, em relação às atividades escolares e laboratoriais de Física para o Ensino Médio, bem como a boa vontade e interesse dos alunos que se inscreveram para participar da pesquisa.

Aprendemos melhor com a experiência, mas não podemos fazê-lo se não vivenciamos as consequências de nossas decisões. Isso quer dizer que o modo como esses professores são envolvidos e como eles participarão do processo, assim como a atuação dos alunos, podem alterar o resultado da pesquisa. Infelizmente, não é possível, de saída, dizer como esses alunos e professores participarão do projeto, porque isso dependerá de seus interesses e capacidades, relativamente a diferentes aspectos do projeto.

As questões de referência para essa pesquisa foram:

- Se as atividades práticas propostas em livros didáticos forem implementadas exatamente como são apresentadas, os alunos, sozinhos, conseguirão entender, desenvolver os procedimentos e chegar aos objetivos pretendidos?
- Tais atividades são importantes para os alunos e proporcionam uma aprendizagem significativa?
- Os professores fazem essas atividades com seus alunos?
- Os professores têm feito correções nessas propostas de experimentos?

Na busca de respostas para essas questões, foi utilizada a seguinte metodologia:

- a) elaboração de uma pesquisa com professores de escolas (públicas e privadas) do Distrito Federal, a fim de constatar se esses professores concordam com a importância e a necessidade de atividades práticas no Ensino Médio, se utilizam as atividades experimentais dos livros didáticos exatamente como são propostas e para identificar o livro didático do Ensino Médio mais utilizado para consultar propostas de atividades experimentais de Termologia;
- b) implementação de oito atividades práticas com alunos da 2ª Série do Ensino Médio de uma grande escola particular do Distrito Federal, sendo quatro selecionadas dentre os experimentos propostos no livro didático mais utilizado pelos professores e quatro do produto desse mestrado, a fim de avaliar a adequabilidade dessas propostas (se trazem objetivos bem delimitados, procedimentos claros e linguagem acessível) ao nível de escolaridade desses alunos e se, efetivamente, proporcionam uma aprendizagem significativa;
- c) aplicação de um pós-teste, ao final de cada atividade experimental, com o objetivo de constatar se os alunos participantes compreenderam as ideias, por detrás dos procedimentos, e se essas atividades contribuíram para a aprendizagem.

## **5.1 - Pesquisa com Professores**

No Apêndice 3 há a transcrição do questionário enviado, por meio eletrônico, a 35 professores de Ensino Médio de várias escolas do Distrito Federal, tanto públicas, quanto privadas.

O principal objetivo desse questionário era constatar se os professores pesquisados concordavam com a importância e a necessidade de atividades práticas no Ensino Médio e se utilizavam as atividades experimentais propostas nos livros didáticos. Além disso, o questionário também tinha o objetivo de identificar o livro didático mais utilizado pelos professores das escolas locais para consultar atividades práticas de Termologia para a 2ª série do Ensino Médio.

Dos 35 professores questionados, 28 participaram da pesquisa e responderam as questões propostas, cujo resultado é apresentado a seguir. É importante frisar que, em

algumas das questões, os professores poderiam marcar mais de uma opção, conforme a realidade de suas escolas.

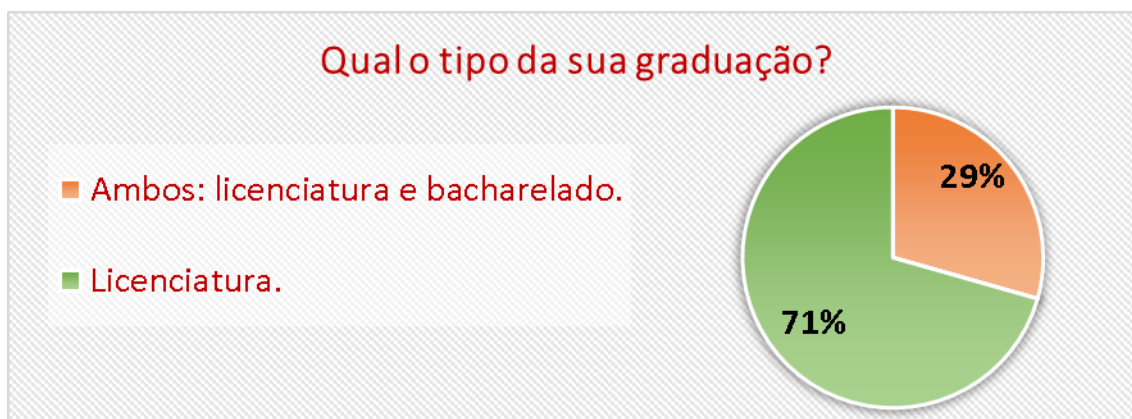


GRÁFICO 1 – Percentual de respostas para a pergunta: “Qual o tipo da sua graduação?”.

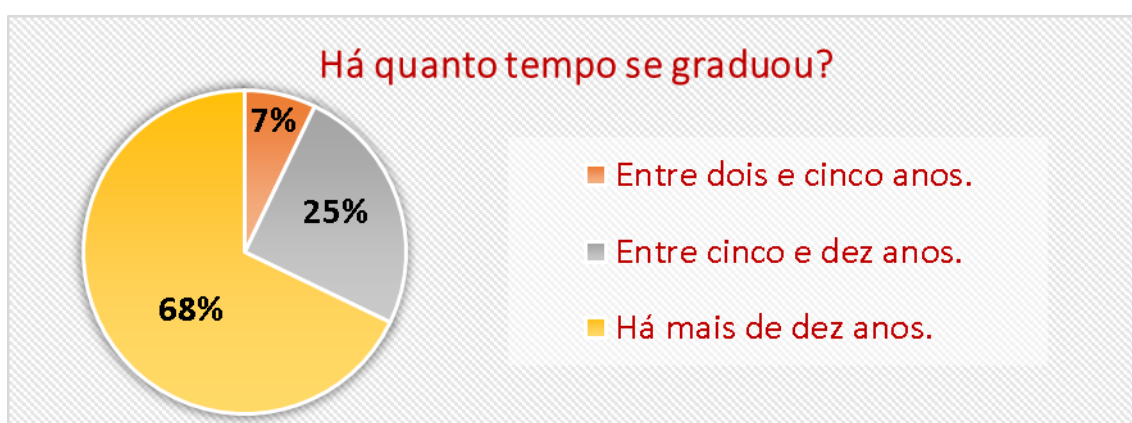


GRÁFICO 2 – Percentual de respostas para a pergunta: “Há quanto tempo se graduou?”.

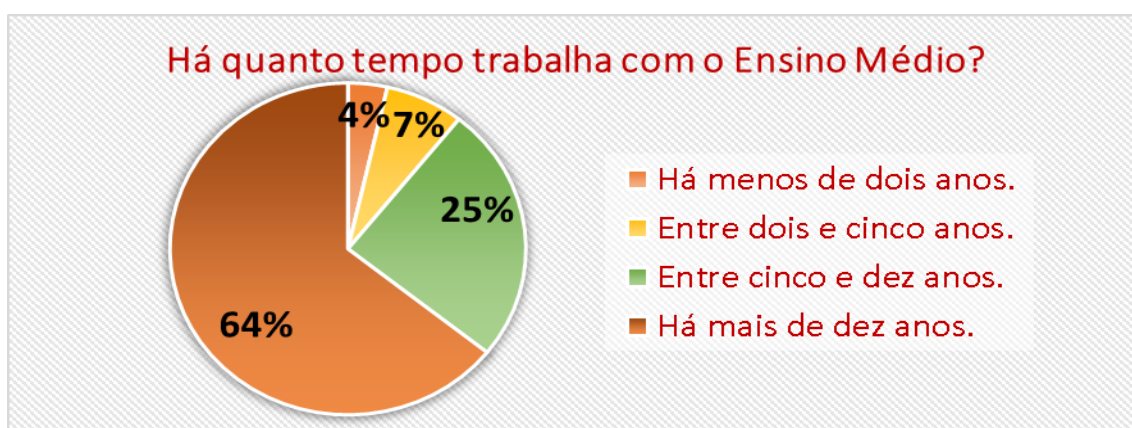
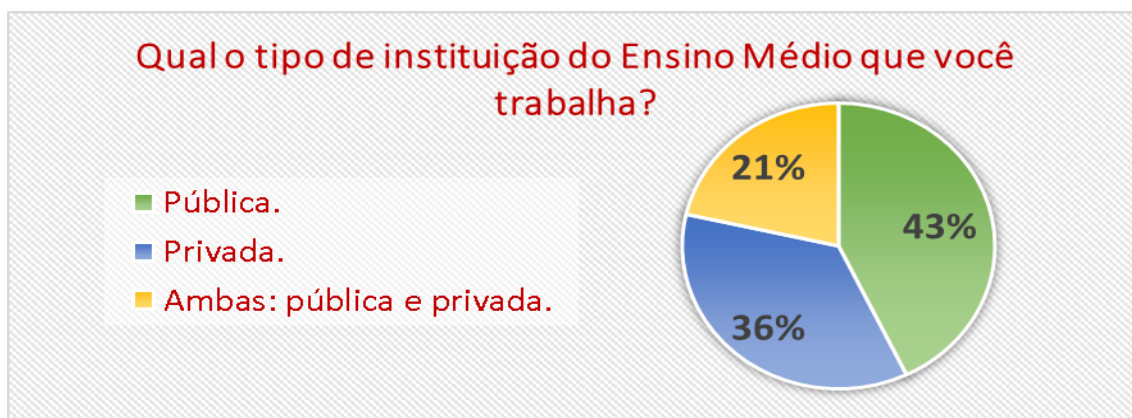
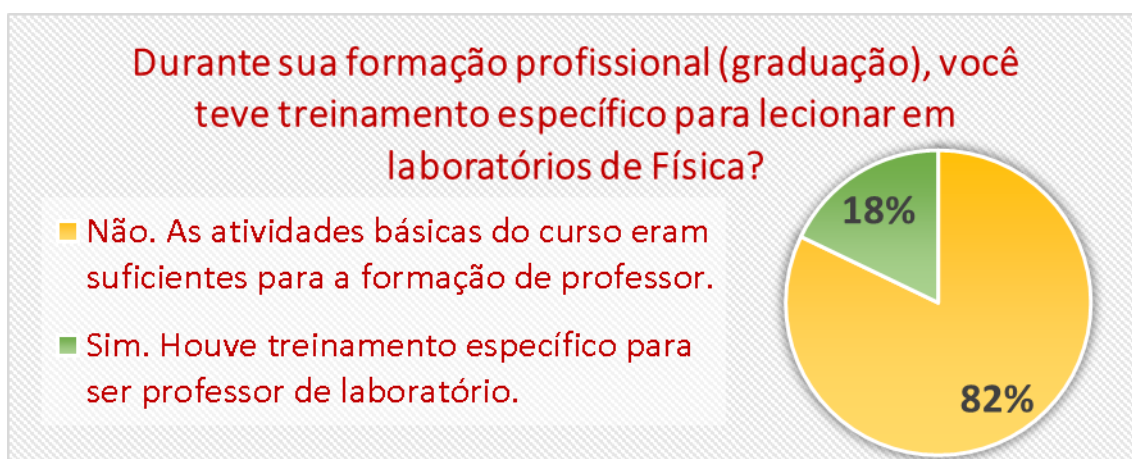


GRÁFICO 3 – Percentual de respostas para a pergunta: “Há quanto tempo trabalha com o Ensino Médio?”.



**GRÁFICO 4 – Percentual de respostas para a pergunta: “Qual o tipo de instituição de Ensino Médio que você trabalha?”.**



**GRÁFICO 5 – Percentual de respostas para a pergunta: “Durante sua formação profissional (graduação), você teve treinamento específico para lecionar em laboratórios de Física?”.**

Essas questões iniciais da pesquisa servem para qualificar os professores participantes, tanto com relação à formação desses profissionais, quanto ao tipo de instituição aonde trabalham.

Na primeira questão percebe-se que todos os professores pesquisados são licenciados e que, alguns (29%), também têm dupla habilitação: licenciatura e bacharelado. Só para constar, nenhum dos entrevistados tem, somente, a habilitação de bacharel.

68% dos entrevistados já se graduaram há mais de dez anos e 64% deles já trabalham com o Ensino Médio, também, há mais de dez anos, o que mostra que o grupo participante é bastante experiente no que se refere ao conhecimento da estrutura e funcionamento das escolas e em relação ao processo ensino-aprendizagem de Física.



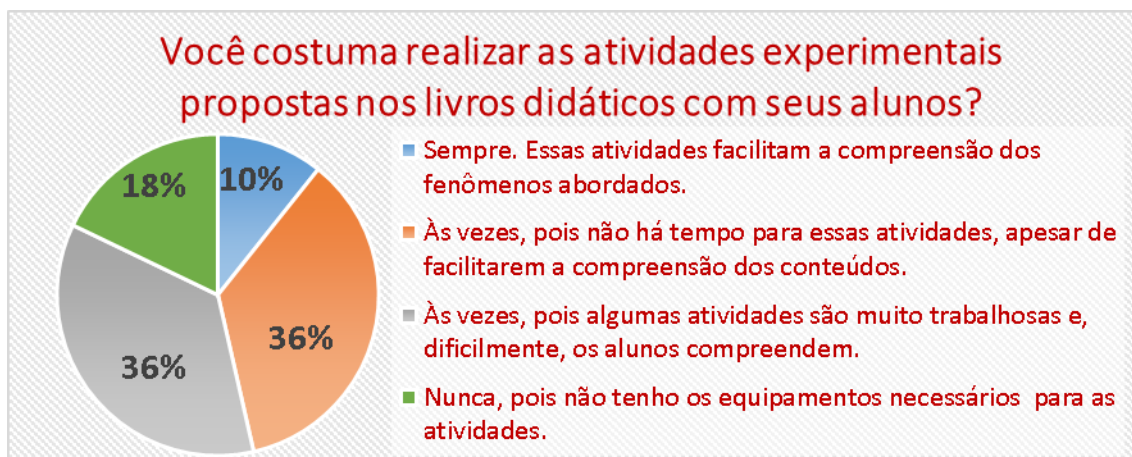
Outro dado importante é que 64% (43% trabalham somente em escolas públicas e 21% em ambas: pública e privada) deles, trabalham em escolas públicas do DF. Trinta e seis por cento dos participantes trabalham somente em escolas particulares do DF, o que nos possibilita concluir que tanto a rede particular, quanto a pública, estão bem representadas na amostra de professores participantes e todos os resultados abaixo são expressivos para os dois tipos de instituição.

Todos os professores participantes realizaram atividades práticas em sua formação (graduação). No entanto, somente 18% deles disseram ter tido treinamento específico para ser professor de laboratório. 82% só realizaram as atividades experimentais básicas dos cursos de graduação, supondo ser suficiente para a formação como professor. Para lecionar, é necessário ter um conhecimento mais abrangente, no sentido de se conhecer outras formas de se abordar os fenômenos tratados nos experimentos, num grau de complexidade muito maior do que um mero estudante possa ter, além de ter em mente os possíveis relacionamentos e implicações com outros fenômenos físicos.

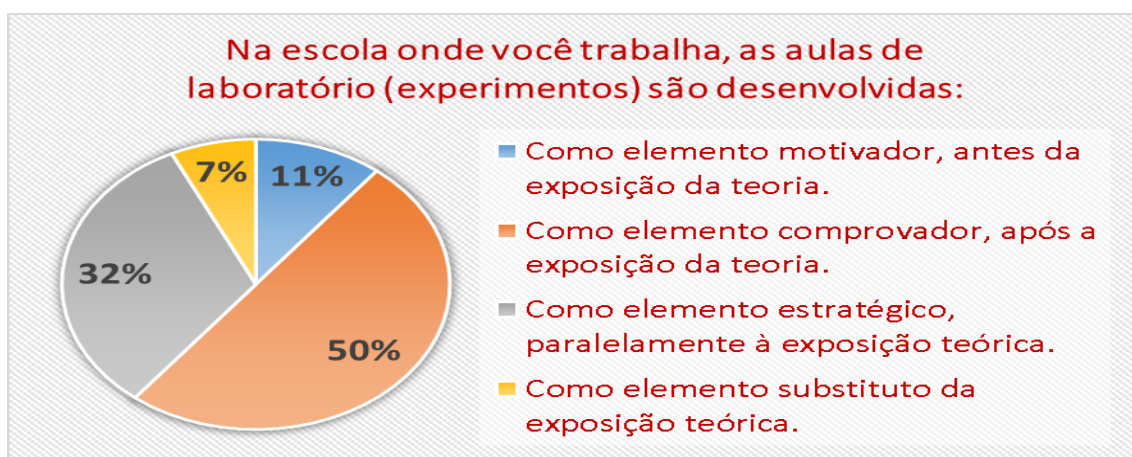
Há evidências, então, de que a falta de formação específica para lecionar disciplinas de laboratório é uma deficiência nos currículos dos cursos de formação de professor (licenciaturas) em Física. Caso contrário, todas as pessoas que fossem aprovadas em disciplinas experimentais básicas dos cursos de Física, já estariam capacitadas a dar aulas de laboratório de Física.

*Partindo do pressuposto de que a maioria dos professores é mal preparada para ensinar as atividades experimentais, pois foi instruída para fazer o que está se pedindo, faz-se necessária uma maior atenção por parte das instituições que preparam estes profissionais e um maior treinamento para aqueles que já se encontram em atividade. (SOARES, 2010).*

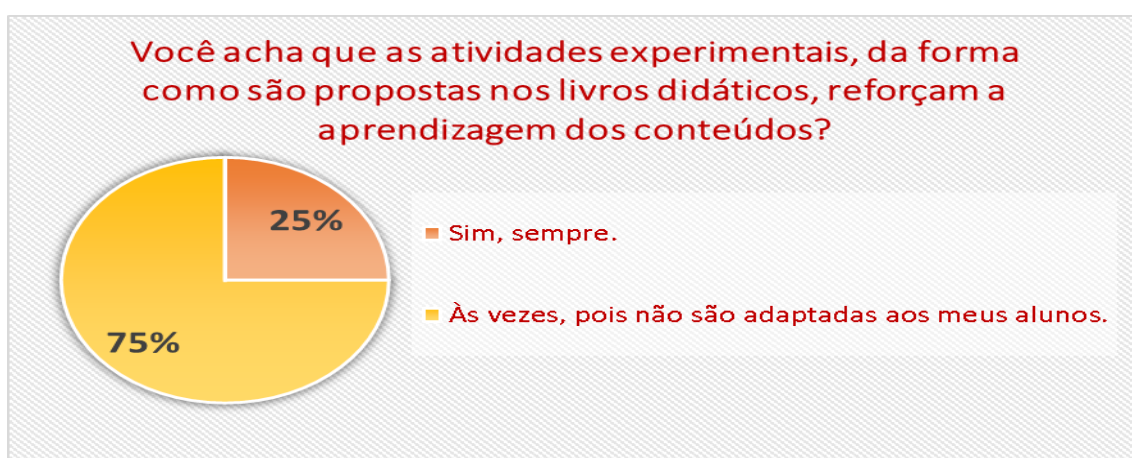
Cabe destacar que, atualmente, muitos cursos de licenciatura em Física já oferecem disciplinas obrigatórias e específicas para formação de professores, na qual há orientação para o desenvolvimento de atividades experimentais, dando-se ênfase à produção de equipamentos com materiais de baixo custo.



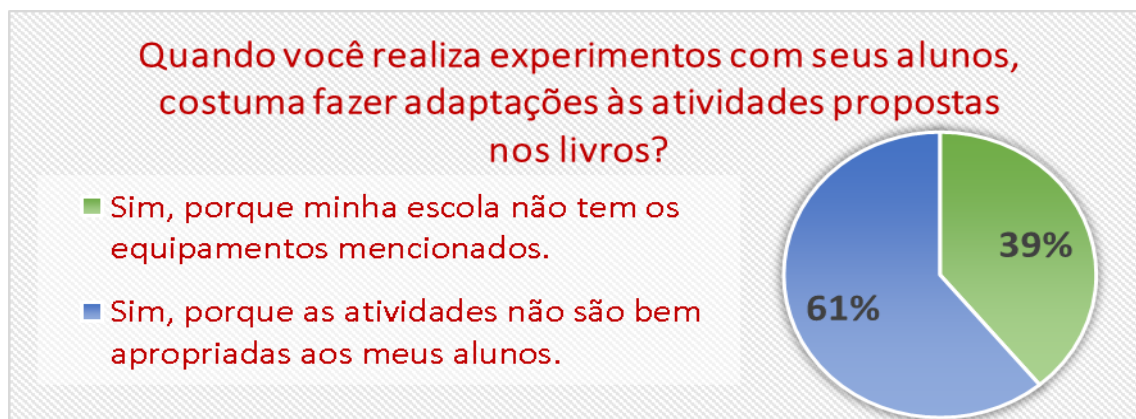
**GRÁFICO 6 – Percentual de respostas para a pergunta: “Você costuma realizar as atividades experimentais propostas nos livros didáticos com seus alunos?”.**



**GRÁFICO 7 – Percentual de respostas para a pergunta: “Na escola onde você trabalha, as aulas de laboratório (experimentos) são desenvolvidas com que objetivo?”.**



**GRÁFICO 8 – Percentual de respostas para a pergunta: “Você acha que as atividades experimentais, da forma como são propostas nos livros didáticos, reforçam a aprendizagem dos conteúdos?”.**



**GRÁFICO 9 – Percentual de respostas para a pergunta: “Quando você realiza experimentos com seus alunos, costuma fazer adaptações às atividades propostas nos livros?”.**

O segundo grupo de perguntas tem a finalidade de explorar a importância dos roteiros de experimentos propostos em livros didáticos, a frequência com que são utilizados e a forma de desenvolvimento dessas atividades.

Com relação às estratégias de aula, metade dos participantes utilizam as atividades experimentais como elementos comprovadores do que está sendo abordado na teoria. Essa é também a sugestão estratégica da maioria das atividades experimentais propostas nos livros didáticos. E, como a intenção é comprovar o que está sendo estudado naquele momento, é fundamental que se tenha um roteiro de experimento com objetivos e procedimentos claros e precisos para conduzir o aluno à comprovação desejada.

Muitos dos pesquisadores citados no capítulo 2, afirmam que o ideal é propor um experimento problema aberto e dar opções e condições para que os alunos o resolvam. Mas, a grande dificuldade dessa metodologia é que ela requer muito tempo, pois o aluno precisa se apropriar da situação e procurar encontrar a melhor solução. Não é uma atividade para ser desenvolvida com uma grande quantidade de aluno e no período de uma aula (é importante lembrar que a carga horária semanal, destinada à disciplina Física, na grande maioria das escolas brasileiras de Ensino Médio, é de 2 horas-aulas). Além disso, o aluno pode solucionar o problema usando métodos, procedimentos e materiais diversificados (completamente diferentes) e, nesse caso, a comprovação da teoria, que é o que a maioria dos professores espera com a aplicação dos experimentos, pode não ser concretizada e/ou justificada. Concluindo, o tipo de roteiro de atividade prática (aberto ou fechado) a ser utilizado depende das condições, necessidades e objetivos das atividades propostas.

Com relação à frequência com que são exploradas, 72% dos participantes só realizam as atividades propostas esporadicamente, por causa da falta de tempo para o desenvolvimento dos trabalhos ou porque as atividades são muito trabalhosas e, dificilmente, os alunos compreenderiam em detalhe os procedimentos. Somente 18% dos professores participantes declararam não realizar as atividades propostas nos livros didáticos, em função da falta de equipamentos necessários.

Com relação às adaptações das atividades experimentais, 100% dos professores fazem alterações nas propostas de roteiros, sendo que 61% dos participantes acham que as atividades propostas não estão estruturadas apropriadamente para os seus alunos e, exatamente por isso, 75% dos participantes não estão convencidos de que as atividades propostas contribuem para a aprendizagem dos conteúdos.

Ainda com relação às adaptações das atividades experimentais propostas, outros 39% dos participantes fazem alterações porque suas escolas não têm os equipamentos solicitados nesses roteiros. Em consideração, 61% não têm problemas com materiais, o que nos leva a concluir que as escolas desses professores são bem equipadas ou, pelo menos, têm os equipamentos básicos para a realização de atividades de laboratório.

Em outro ponto do questionário, os participantes deveriam citar o livro didático que mais utilizam para consultar propostas de atividades experimentais de Termologia, para alunos da 2ª série do Ensino Médio. O mais citado pelos professores foi a 9ª e a 10ª edições do livro: “Os Fundamentos da Física – Física 2 – Termologia, Óptica e Ondas, do Ferraro, NICOLAU Gilberto; RAMALHO Junior, Francisco; TOLEDO Soares, Paulo Antônio”.

É importante destacar que esse livro não consta no Guia de Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), pois foi escrito, exclusivamente, para escolas particulares. É importante, também, frisar que na nova edição, também conhecida como “Moderna Plus”, as atividades experimentais não foram inseridas no texto do livro didático, mas foram disponibilizadas no portal da editora Moderna Plus, no endereço: <http://www.modernaplus.com.br/main.jsp>, e, somente pessoas devidamente cadastradas têm acesso ao conteúdo virtual.

Levando-se em conta que as atividades experimentais são muito apreciadas e assumem um importante papel como estratégia para motivar e estimular a aprendizagem de Física, conforme foi discutido nos capítulos anteriores, é lamentável que essas atividades não venham impressas nos livros, dado que nem todo aluno tem acesso fácil à internet, além das dificuldades de acesso às atividades impostas pela própria editora.

Nas duas edições citadas do livro didático mais mencionado na pesquisa, as atividades experimentais de Termologia são praticamente as mesmas e, dentre as atividades propostas nesses livros didáticos, quatro foram selecionadas para serem aplicadas aos alunos da 2ª Série do Ensino Médio de uma grande escola particular de Brasília, com o objetivo de constatar se, de fato, são bem adaptadas aos alunos desse nível de ensino e se, efetivamente, proporcionam uma aprendizagem significativa. O critério utilizado para fazer a seleção dessas quatro atividades foi a semelhança nos conteúdos e procedimentos destes com os dos roteiros propostos no produto do mestrado. Os experimentos selecionados do livro didático para serem realizados pelos alunos estão, integralmente, apresentados no anexo 1.

**Tabela 1 – Roteiros de experimentos selecionados para serem realizados com os alunos.**

Experimentos selecionados para serem realizados com os alunos	
Retirados do livro didático	Retirados do produto do mestrado
1. A sensação térmica	1. Avaliação e medição de temperatura
2. O anel de gravezande	2. Dilatação térmica de sólidos
3. Determinando a capacidade térmica de um calorímetro	3. Calor específico
4. Influência da pressão na ebulição da água	4. Pressão e Temperatura

O conjunto de roteiros de atividades experimentais de Termologia, produto pedagógico desse curso (integralmente, apresentado no apêndice 2), é composto por um texto introdutório sobre Termologia (que traz, em linhas gerais, todos os fenômenos que serão analisados nos experimentos) e nove atividades práticas, das quais somente quatro foram realizadas e avaliadas com os alunos. Os roteiros do produto pedagógico que foram realizados com os alunos estão no apêndice 1.

Conforme já mencionado, os experimentos do produto pedagógico foram criados como estudos dirigidos, nos quais a complexidade das questões e dos procedimentos vai aumentando gradativamente, sempre exigindo que o aluno, a cada nova ação, pare, reflita sobre o que está fazendo e, em função dos objetivos da atividade, formule a melhor resposta para cada questão proposta.

Geralmente, nas últimas questões desses roteiros, os alunos devem discorrer sobre os erros experimentais e/ou aplicações dos conteúdos abordados em situações do dia-a-dia. Esse

é outro diferencial que dá sentido às atividades desenvolvidas e faz com que o aluno reflita sobre os procedimentos propostos.

Nessas atividades, o professor atuará como um orientador, auxiliando os alunos na implementação desses procedimentos, principalmente, quando a atividade necessitar de ajustes complexos e/ou trazer riscos à saúde. Além de conhecer todos os objetivos e dominar todas as técnicas e preparações de cada procedimento da prática, o professor deve estar preparado para sanar as dúvidas e questionamentos dos alunos sobre o assunto experimentado. Por isso, é fundamental que o professor realize o experimento com antecedência, para resolver situações inusitadas, a fim de que, durante o experimento, não se repitam.

Quando for possível, é oportuno que o professor, no início da atividade, peça sugestões e avalie as expectativas dos alunos em como proceder para realizar o experimento e resolver a situação proposta. Por isso, é interessante que o aluno tenha acesso a esse conjunto de atividades antes das aulas no laboratório, para que possa ler e refletir, previamente, sobre o que vai ser discutido e experimentado em cada aula.

Todas as atividades experimentais, que compõem o produto pedagógico, estão divididas e organizadas em tópicos, os quais são apresentados a seguir:

- I. **TÍTULO**: traz o nome do experimento ou fenômeno que será estudado com aquele experimento;
- II. **INTRODUÇÃO**: traz um pequeno resumo dos conteúdos abordados naquela atividade, o qual serve para consultas e referências;
- III. **OBJETIVOS**: além de indicar ao aluno o que se espera atingir com a referida prática, este tópico também orienta sobre os aspectos importantes que devem ser observados e analisados na atividade;
- IV. **MATERIAIS NECESSÁRIOS**: relaciona e caracteriza todos os materiais e equipamentos que serão utilizados na prática;
- V. **PROCEDIMENTOS**: descreve todas as orientações, de maneira cuidadosa, ordenada e detalhada, tudo o que deverá ser feito durante a prática;
- VI. **CONCLUSÃO**: este tópico, que vem distribuído ao longo do roteiro, é composto por uma série de perguntas e problemas, que serão respondidos pelo aluno, de preferência sem o auxílio do professor, logo após os procedimentos correspondentes. Os alunos não precisam se preocupar se o experimento "vai dar

certo ou não", o importante é que suas conclusões e respostas sejam coerentes com os objetivos da atividade e com os dados obtidos.

É importante mencionar que esse conjunto de roteiros experimentais não tem o objetivo de desprestigiar as atividades apresentadas nos livros didáticos. Aliás, a pesquisa partiu da ideia de que tais atividades são de grande valia para o processo ensino-aprendizagem. Além disso, esse produto não tem a pretensão de elencar as atividades, no sentido de assegurar que determinado fenômeno ou experimento seja mais importante do que outros. Pelo contrário, a ideia inicial é que toda atividade experimental é bem vinda e pode facilitar a aprendizagem, além de estimular os alunos, desde que seja pedagogicamente adequada ao nível de escolaridade do público a que é destinada.

## **5.2 - Pesquisa com Estudantes**

A pesquisa ocorreu em uma grande escola particular de ensino regular, localizada em Taguatinga Sul – DF. Essa escola conta com uma estrutura de cerca de 21500 m<sup>2</sup> de área construída, 150 professores, 90 funcionários diversos e mais de 4000 alunos. No Ensino Médio, havia, na época em que essa pesquisa foi realizada, 985 alunos, divididos em 9 turmas de 1º ano, 8 turmas de 2º ano e 7 turmas de 3º ano, com média de 41 alunos, em cada sala.

No campo educacional, além das atividades regulares obrigatórias normais, a escola também oferece atividades complementares: desportivas, artísticas e culturais, oferecidas no contra turno. Também desenvolve projetos literários e solidários, experiências de pesquisas, atividades em laboratórios (há aulas práticas de: Ciências; Biologia; Física; Química e Robótica), competições desportivas, vivências ambientais, feiras temáticas, campanhas de prevenção ao uso das drogas, celebrações e atividades da Pastoral, atividades cívicas e encontros familiares.

Quarenta alunos da 2ª série do Ensino Médio se inscreveram para participar da pesquisa, os quais foram igualmente divididos em duas turmas, que iremos denominar de **A** e **B**. O critério utilizado na separação das turmas foi a afinidade entre eles: estudavam na mesma sala de aula; pertenciam ao mesmo grupo em outras disciplinas ou já haviam trabalhado juntos.

A turma **A** foi o grupo de controle e fez as atividades retiradas do livro didático selecionado. A turma **B** foi o grupo experimental e utilizou os roteiros propostos no produto do mestrado. Esses alunos não conheciam os objetivos da pesquisa, nem os roteiros de experimentos que seriam implementados e nem as origens dessas atividades experimentais. Eles só foram informados que fariam alguns experimentos, em duplas e sem a interferência dos professores, para que, suas atuações, não influenciassem o resultado da pesquisa.

Os experimentos realizados utilizaram a metodologia de roteiro fechados, com procedimentos e questões que deveriam ser respondidas. A correção dessas questões serviu para analisar se os alunos compreenderam os objetivos e as ideias que fundamentam a sequência de procedimentos e se tinham conhecimentos e habilidades para manipular as informações, observações e dados registrados.

Ao final de cada atividade, os alunos responderam um pós-teste, com assuntos abordados nos experimentos, a fim de constatar se houve aprendizagem significativa.

Por fim, ao concluir as atividades propostas, alguns alunos, de livre e espontânea vontade, fizeram alguns apontamentos sobre as práticas, os quais foram mencionados na análise dos resultados.

Dessa forma, no dia 07/08/2015, no turno vespertino, das 14 às 17 horas, os alunos da turma **A** realizaram as duas primeiras atividades retiradas do livro didático selecionado, enquanto os alunos da turma **B** desenvolveram dois experimentos do produto desse mestrado. Após cada atividade, eram incentivados a responder os pós-testes.

Em seguida, no dia 14/08/2015, também no turno vespertino, das 14 às 17 horas, as duas turmas completaram suas participações na pesquisa, desenvolvendo os experimentos finais propostos (a turma **A** implementando atividades do livro didático, enquanto a turma **B** respondia os roteiros do produto do mestrado). Novamente, após cada atividade, os alunos responderam os pós-testes.

Como o laboratório de física da escola não tem tubulação para gás, as atividades foram realizadas nos laboratórios de química e biologia, uma vez que, em quase todos os experimentos, era necessário fazer algum tipo de aquecimento. Ajudaram, na implementação da pesquisa, o professor de física dos alunos participantes, que os incentivou, inscreveu e acompanhou o andamento das atividades; uma laboratorista e alguns monitores (alunos universitários, que auxiliam na implementação das atividades nos laboratórios da escola), que ajudaram na separação e montagem inicial dos equipamentos necessários.



### 5.2.1 - Atividades da Turma A (Grupo de Controle)

Dos 20 alunos inscritos para compor a turma A, somente 18 compareceram às atividades de implementação dos roteiros, nos dois dias de aplicação.

A implementação do roteiro 1 do grupo de controle, o experimento “A sensação térmica”, desenhado para ilustrar que o tato não é um bom termômetro, ocorreu no dia 07/08 e foi concluída rapidamente (cerca de 10 minutos). Teve excelente grau de entendimento, conforme observado pelas respostas dadas às questões do roteiro, evidenciando que os alunos captaram os objetivos da atividade e as ideias por detrás dos procedimentos. No entanto, alguns usaram expressões inadequadas, como: “o tato **mede a temperatura** dos sistemas”; “um objeto **ganha temperatura** quando colocado em meio com maior temperatura” e “a água fria **tira temperatura** da mão”.

Cinco alunos apresentaram dúvidas em relação ao intervalo de tempo que deveriam manter suas mãos em contato com as águas das bacias, uma vez que o experimento não mencionava o intervalo necessário. Questionaram se o intervalo de tempo de contato da mão com a água poderia alterar suas percepções.

Outro ponto destacado por dois outros alunos foi que a atividade tinha poucos procedimentos e não explorava assuntos correlatos, como: o sentido do fluxo de calor em cada situação testada e a diferença nas sensações térmicas, em virtude da natureza do material a ser tocado.

O segundo experimento, denominado “O anel de Gravezande”, desenhado para discutir dilatação térmica, também foi realizado no dia 07/08. Os alunos acharam que o roteiro da prática continha poucos procedimentos e que, além disso, parte das atividades não pode ser realizada, pois não havia um congelador disponível para esfriar o anel e testar o que estava sendo sugerido pelo roteiro.

Quanto aos objetivos do experimento e à sequência lógica dos procedimentos, parece que não houve dúvidas, pois os alunos responderam as questões do roteiro sem demonstrar dificuldades. No entanto, dois alunos associaram a massa dos corpos à dilatação e a contração térmicas. Segundo eles, a contração térmica do anel resfriado ou a dilatação térmica da esfera aquecida só produziriam variações iguais, se ambos (anel e esfera) tivessem a mesma massa.

A terceira atividade, cujo título era “Determinando a capacidade térmica de um calorímetro”, idealizada para abordar o tema da capacidade calorífica, foi realizada na semana seguinte, no dia 14/08. De forma geral, os alunos tiveram muitas dificuldades nessa atividade, em virtude da falta de detalhamento nos procedimentos. Por exemplo, logo no início do

roteiro, há um procedimento que solicita: “coloque cerca de 40 cm<sup>3</sup> de água fria à temperatura T<sub>1</sub>, determinada com o termômetro (cerca de 10°C), no interior do seu calorímetro”. Os alunos alegaram que todos os instrumentos de medida de volume tinham escalas em mililitros (ml) e, não, em cm<sup>3</sup>. Também ficaram sem saber o significado da frase que aparece entre aspas: tinham que usar água a 10°C ou esse valor era um exemplo? Além disso, o procedimento pede para determinar a temperatura, mas não pede para anotar esse valor e, por isso, muitos tiveram que repetir os procedimentos.

Outro ponto que gerou dúvida, durante a implementação desse roteiro, foi com relação à variação de temperatura do calorímetro. Segundo a equação registrada no experimento, a variação de temperatura do calorímetro deveria ser calculada pela diferença entre T<sub>F</sub> e T<sub>1</sub>. No entanto, T<sub>1</sub> era a temperatura da água fria, antes de ser adicionada ao calorímetro, e não a temperatura inicial do próprio calorímetro.

Além desses pontos, dois alunos também reclamaram da primeira questão do roteiro: “Você considera esse valor de capacidade térmica do seu calorímetro alto ou baixo?” Sem um referencial, não há como responder!

Apesar de todos os problemas mencionados, percebe-se que, pelas respostas dadas às questões, os alunos captaram os objetivos e entenderam as ideias por detrás dos comandos. Mas, em geral, eles tiveram dificuldades em aplicar a Equação Fundamental da Calorimetria e resolver uma situação de trocas de calor, em um sistema fechado, para calcular os valores solicitados.

Dois alunos também confessaram não ter entendido as variações de temperatura apresentadas nas equações do roteiro (para |Q<sub>1</sub>|, aparece T<sub>F</sub> - T<sub>1</sub>, enquanto, para |Q<sub>2</sub>|, aparece T<sub>2</sub> - T<sub>F</sub>). Eles disseram que, conforme orientações de seu professor, para o cálculo da variação de temperatura, sempre deveriam utilizar o valor final menos o valor inicial. Eles não conseguiram perceber que o roteiro estava apresentando o módulo das quantidades de calor e, isso, os confundiu.

Como sugestão de melhoria da atividade, os alunos pediram: reelaboração das questões; explicação mais detalhada dos procedimentos e melhor descrição dos materiais necessários e de como utilizá-los.

Na quarta atividade, com o título “Influência da pressão na ebulição da água”, elaborada para mostrar que a temperatura de ebulição depende da pressão, os alunos tiveram dificuldades. Apesar de ser uma atividade qualitativa, eles não sabiam explicar porque a água quente voltava a ferver, após o seu recipiente quente e selado ser colocado sob um filete de

água fria da torneira. Nesse ponto, o professor deles precisou dar algumas explicações para que entendessem o que estava ocorrendo e pudessem responder as questões. Mesmo assim, dois alunos deixaram as duas primeiras questões do roteiro em branco, pois ainda não tinham entendido o que estava realmente acontecendo. Na verdade, esses dois alunos ficaram tão confusos que tentaram explicar o ocorrido, dizendo que a pressão e a temperatura são grandezas inversamente proporcionais, chegando a justificar essa afirmação com a Lei Geral dos Gases, esquecendo-se que a água estava na fase líquida.

Todos os alunos mencionaram que foi difícil perceber que a pressão no interior do tubo de ensaio havia diminuído e que essa diminuição era a explicação para a água voltar a ferver. Segundo eles, mais difícil ainda é associar esse fato com a variação de altitude, como sugere a segunda questão do roteiro.

Ao final da atividade, os alunos também comentaram que o roteiro só explorava a influência da variação de pressão na temperatura de ebulição da água. Ele não abordava sobre a influência da pressão na temperatura de fusão do gelo. Citaram, inclusive, que as duas questões do início do roteiro eram iguais às mostradas no final da atividade.

### **5.2.2 - Atividades da Turma B (Grupo Experimental)**

Dos 20 alunos inscritos para compor o grupo experimental, somente 17 compareceram nas datas de implementação dos experimentos.

Na primeira atividade, denominada “Avaliação de temperatura”, realizada no dia 07/08/2015, das 14 às 15 horas, os alunos não tiveram dificuldades para executar os procedimentos e responder as questões do relatório. Os alunos conseguiram abstrair os objetivos e as ideias por detrás dos procedimentos. O que mais me chamou a atenção é que esse grupo, de forma geral, deu respostas mais elaboradas, isto é, mais completas e com expressões fisicamente mais adequadas, do que o Grupo de Controle. Talvez, porque a introdução teórica tenha contribuído com as respostas.

Na atividade, denominada “Dilatação Térmica dos Sólidos”, realizada no dia 07/08, das 15 às 16 horas, os alunos também não tiveram dificuldades nem para executar os procedimentos, nem para responder as questões do relatório e, pela complexidade das respostas dadas, percebe-se que entenderam os objetivos e a lógica da sequência dos procedimentos. Duas duplas comentaram que os procedimentos estavam claros e objetivos e

que o tempo de execução foi satisfatório, pois concluíram toda a atividade em cerca de 40 minutos, sobrando alguns minutos para discussão das questões.

Novamente, os alunos da turma **B** apresentaram respostas mais completas e com termos fisicamente mais adequados do que os alunos do grupo de controle.

A terceira experiência, que tem o título “Calor específico”, realizada no dia 14/08, das 14 às 15 horas, exigia um procedimento rápido (para se evitar perdas de calor para o ambiente), mas com muito cuidado (para se evitar acidentes, uma vez que os alunos estavam trabalhando com água fervente). Eles responderam todo o roteiro, demonstrando ter entendido os objetivos da atividade e a lógica da sequência dos procedimentos, mas tiveram muita dificuldade para calcular a capacidade térmica do calorímetro e o calor específico do bloco analisado. Em geral, assim como os alunos da turma A, eles também tiveram dificuldades para aplicar a Equação Fundamental da Calorimetria e resolver uma situação de trocas de calor, em um sistema fechado, a fim de determinar os valores solicitados.

Na quarta e última atividade, denominada “Pressão e Temperatura”, os alunos também tiveram dificuldade para explicar o motivo da água aquecida, contida no tubo de ensaio tampado, entrar em ebulição quando o tubo é mergulhado em água à temperatura ambiente, apesar da introdução teórica do roteiro mencionar como as variações de pressão influenciam as variações de temperatura nas mudanças de fase. Nesse instante, o professor precisou interferir para que os alunos pudessem prosseguir. O professor também precisou intervir no experimento do regelo e, somente após uma breve explicação, os alunos conseguiram concluir o roteiro.

Dois alunos mencionaram que o experimento de Tyndall, do regelo, havia sido comentado pelo professor, mas nunca tinham experimentado. Também, comentaram que, mesmo tendo uma introdução teórica no roteiro, precisaram do auxílio do professor para entender os procedimentos e responder as questões do experimento.

### **5.3 Resultados dos Pós-testes**

Como foi citado anteriormente, após cada roteiro, os alunos eram incentivados a responder os pós-testes, aplicando os conhecimentos abordados nos experimentos, a fim de constatar se houve aprendizagem significativa.

Quase todas as questões dos pós-testes, as quais se encontram disponíveis no Apêndice 4, foram selecionadas de exames de admissão aplicados por renomadas instituições nacionais. Cabe ressaltar que todas essas questões são de múltipla escolha.

O desempenho nos pós-testes dos 18 alunos da turma A, estão sintetizados na tabela 2:

**Tabela 2 - Desempenho dos alunos da turma A, nos pós-testes.**

Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3			Experimento 4		
Questão	Erros	%	Questão	Erros	%	Questão	Erros	%	Questão	Erros	%
1	2	11,1%	1	2	11,1%	1	3	16,6%	1	2	11,1%
2	2	11,1%	2	3	16,6%	2	4	22,2%	2	2	11,1%
3	1	5,5%	3	2	11,1%	3	3	16,6%	3	3	16,6%
4	1	5,5%	4	3	16,6%	4	4	22,2%	4	6	33,3%
5	2	11,1%	5	-	-	5	7	38,8%	5	3	16,6%
Total	8	8,9%	Total	10	13,9%	Total	21	23,3%	Total	16	17,8%

De acordo com os valores da tabela, a questão que os alunos mais erraram foi referente ao experimento 3. Para a correta resolução dessa questão, era necessário fazer cálculos, aplicando a mesma linha de raciocínio desenvolvida na implementação do roteiro. Como os alunos tiveram dificuldades no entendimento dos cálculos da atividade, provavelmente, não alcançaram o desenvolvimento necessário para responder esse item.

Muitos alunos erraram a questão 4 do pós-teste correspondente ao 4º experimento, que trata da influência da pressão na temperatura de fusão do gelo. Esse resultado é totalmente compreensível e esperado, uma vez que o roteiro experimental correspondente só explora a influência da pressão na temperatura de ebulição da água. Em nenhum momento, esse roteiro comentou a relação entre a pressão e a temperatura de fusão.

De forma geral, o pós-teste referente ao experimento 2, que trata da dilatação térmica de sólidos, dando ênfase à dilatação e contração térmicas de uma chapa com orifício, também apresentou muitos erros, o que é uma constatação de que, mesmo após o experimento, os alunos ainda continuam com dúvidas sobre o assunto.

Os resultados dos pós-testes dos 17 alunos da turma B, estão sumarizados na tabela 3:

**Tabela 3 - Desempenho dos alunos da turma B, nos pós-testes.**

Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3			Experimento 4		
Questão	Erros	%	Questão	Erros	%	Questão	Erros	%	Questão	Erros	%
1	0	0%	1	2	11,8%	1	1	5,9%	1	1	5,9%
2	2	11,8%	2	1	5,9%	2	1	5,9%	2	0	0%
3	1	5,9%	3	1	5,9%	3	3	17,6%	3	1	5,9%
4	0	0%	4	1	5,9%	4	1	5,9%	4	4	23,5%
5	0	0%	5	-	-	5	3	17,6%	5	2	11,8%
Total	3	3,5%	Total	5	7,3%	Total	9	10,5%	Total	8	9,4%

Conforme os dados da tabela, a questão 4 do pós-teste correspondente ao 4º experimento, foi a que os alunos mais erraram. Ela trata da influência da variação de pressão na temperatura de fusão da água. Esse assunto deve ser retomado para que os alunos, das duas turmas, possam sanar suas dúvidas.

Outro ponto que merece destaque é quanto ao número de erros nas questões que exigiam cálculos, usando a Equação Fundamental da Calorimetria e as condições de trocas de calor. Esses assuntos, também, devem ser retomados, pois todos os alunos, dos dois grupos, tiveram dificuldades.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à pesquisa desenvolvida com os professores, a grande questão que se sobressai é sobre a formação de professores. Grande parte dos professores licenciados não está capacitada para dar aulas de laboratório, pois 82% dos entrevistados apenas realizaram as atividades experimentais básicas dos cursos de graduação. Este fato é um dos pontos cruciais para o desempenho das aulas práticas, no processo ensino-aprendizagem.

Como material alternativo para auxiliar o desenvolvimento de atividades experimentais em Termologia e contribuir no processo ensino-aprendizagem, o produto desse mestrado traz um conjunto de roteiros de experimentos (no apêndice 2) e um guia de orientações para professores (no apêndice 5).

Com relação à análise dos resultados da pesquisa desenvolvida com os estudantes, pode-se perceber que:

- ✓ Todos os alunos elogiaram e solicitaram mais atividades experimentais, para uma melhor compreensão de conceitos e fenômenos físicos, uma vez que, atividades concretas são mais palpáveis do que as abstratas teorias físicas;
- ✓ Mesmo em roteiros que não tinham uma descrição explícita dos objetivos das atividades experimentais, todos os alunos conseguiram abstraí-los da atividade e descreveram satisfatoriamente as ideias por detrás dos procedimentos que os levaram a concluir as atividades e a atingir esses objetivos;
- ✓ As atividades que eram exclusivamente qualitativas foram implementadas sem muitas dificuldades, apesar de que, nos roteiros que tinham introdução teórica, realizados pela turma **B** (grupo experimental), os alunos se expressaram de maneira fisicamente mais adequadas. Esse é um indicativo de que o texto está promovendo um ganho à aprendizagem, pelo menos em sua capacidade de expressão;
- ✓ As atividades que necessitavam de medições foram, visivelmente, as mais difíceis e os alunos as acharam mais confusas, isto é, alguns procedimentos lhes pareceram sem sentido ou foram mal interpretados (ou explicados). Ficou evidente que os alunos têm grande dificuldade em evoluir da experiência sensorial e da observação dos fenômenos para a construção e compreensão de modelos matemáticos;
- ✓ As duas turmas tiveram dificuldade em aplicar a Equação Fundamental da Calorimetria na resolução de uma situação de trocas de calor em sistemas fechados, e em determinar as grandezas solicitadas nos roteiros e nos pós-testes;

- ✓ Em função do grande número de alunos que erraram a questão 4 do pós-teste correspondente ao 4º experimento realizado, a introdução teórica do roteiro intitulado “Pressão e Temperatura” foi reelaborada, e esperamos ter deixado o seu texto mais compreensível aos alunos;
- ✓ Comparando os percentuais dos resultados dos pós-testes, percebe-se que o grupo experimental, em geral, teve melhor aproveitamento, em todas as atividades testadas;
- ✓ A apresentação explícita dos objetivos das atividades e a inclusão de uma introdução teórica podem ter melhor orientado o grupo experimental para os fenômenos que deveriam ser focados e, isso, pode ter influenciado o melhor aproveitamento desse grupo.
- ✓ O melhor aproveitamento nos percentuais dos resultados dos pós-testes e o uso de expressões fisicamente mais adequadas são indícios de que os roteiros de atividades experimentais, propostos como produto desse mestrado, são potencialmente significantes.

Concluindo, as atividades experimentais são essenciais à formação integral do aluno, mas para realmente ajudarem na compreensão dos conceitos e fenômenos físicos e proporcionarem uma aprendizagem significativa, precisam estar bem adaptadas ao nível de conhecimento dos alunos, com linguagem acessível, clara e objetiva.

É preciso lembrar também que a atividade não se encerra com a realização das investigações e a obtenção dos dados; é importante que o aluno reflita e seja capaz de relatar o que fez, tomando consciência de suas ações e refletindo as possíveis causas para os fenômenos observados. Nesse sentido, o roteiro e o professor devem conduzir o aluno a racionar sobre os procedimentos (principalmente, com relação aos erros experimentais cometidos) a serem seguidos, de forma que toda a atividade seja bem compreendida e possa, realmente, contribuir com a aprendizagem em Física e ampliar os conhecimentos dos alunos.



## REFERÊNCIAS

- AMARAL, I. A. **Os fundamentos do ensino de ciências e o livro didático.** In: FRACALANZA, H. e NETO, J. M. (Org.). **O livro didático de ciências no Brasil.** Campinas: Editora Komedi, 2006.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, jun. 2003.
- BARROS, P. R. P.; HOSOUME, Y. **Um olhar sobre as atividades experimentais nos livros didáticos de Física.** In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.
- BESSA, Valéria da Hora. **"Teorias de Aprendizagem".** Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008 (Apostila).
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Cad. Bras. Ens. Fís., v.19, n.3: p.291-313, dez. 2002.
- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB - Lei nº 9394/96,** de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: MEC/SEB, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 – Física.** Brasília: MEC/SEB, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Coleção Explorando o Ensino: Volume 7 – Física.** Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL, MEC, SEMTEC. **Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - PNLEM/2007.**
- BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 – Física.** Brasília: MEC/SEB, 2011.
- CASSARO, Renato. **Atividades Experimentais no Ensino de Física.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Física de Ji-Paraná, Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, como parte dos quesitos para a obtenção do Título de Especialista em Ensino Física. JI-PARANÁ – RO, 2012.
- FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira.** Dissertação de Mestrado. FEUSP-IFUSP, São Paulo, 1978.
- FORÇA, Ana Claudia; LABURÚ, Carlos Eduardo; MOURA, Osmar Henrique. **ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA: TEORIA E PRÁTICAS.** Londrina-PR, 2008.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências.** *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, páginas. 249-263, 2001.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental.** Editora Ática, 2003.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. "Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos rumo à Aprendizagem Significativa". **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, 3(31): 198-201, 2009.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias.** v.12, n.3: p. 299-313, 1994.

JÚNIOR, F. R.; NICOLAU, G. F.; SOARES, P. A. T. **Os Fundamentos da Física 2 - Termologia, Óptica e Ondas.** vol. 2, 9ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2007.

\_\_\_\_\_. Moderna Plus - Física 2 - Os Fundamentos da Física - Termologia, Óptica e Ondas - 2º Ano. 10ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010.

KERR, J. **Practical work in school science.** Leicester: Leicester University Press, 1963.

MARQUES, P. M. A.; BARREIRO, A. C. M.; SOUZA, A.; GALEANO, E. **Demonstração em teoria cinética.** *Caderno Catarinense do ensino de Física*, v. 11 (2): 100-104. 1994.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa.** Editora: Universidade de Brasília. Brasília - DF, 1999.

NOTT, M.; WELLINGTON, J. **A programe for developing understanding of the nature of ciense in teacher education.** Neterland, Kluwer Academic Publishers, 1998.

OLIVEIRA, Cleidson S.; SOUZA, James A. **PROFESSOR, POR QUE MEU TERMÔMETRO NÃO FUNCIONA?** São Carlos – SP, 2011.

OLIVEIRA, João P. T. **A eficiência e/ou ineficiência do livro didático, no processo ensino-aprendizagem.** PUC-RIO. Rio de Janeiro - RJ, 2008.

PEREIRA, Denis R. O.; AGUIAR, Oderli. **Ensino de Física no Nível Médio: Tópicos de Física Moderna e Experimentação.** *Revista Ponto de Vista* – vol. 3, p. 65, 2006.

PIMENTEL, Jorge R. **Livros didáticos de ciências: a Física e alguns problemas.** Depto de Física – UNESP. Rio Claro – SP, 2006.

PIRES, Marcelo Antônio. **"Tecnologias de Informação e Comunicação como meio de ampliar e estimular o aprendizado de Física"**. Dissertação de Mestrado, UFRS, Programa de Pós - Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre: 2005.

REGINALDO, Carla C.; SHEID, Neusa J. e GULLICH, Roque I. C. "O ENSINO DE CIÊNCIAS E A EXPERIMENTAÇÃO". **Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, IX ANPED SUL, 2012.**

REIS, Wendel F. **Os experimentos nos livros didáticos de Física do PNLD em 2012: uma reflexão motivada nos Parâmetros Curriculares** - BELO HORIZONTE, MG: 2014. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Física.

ROSITO, B. A. **O ensino de Ciências e a experimentação**. In: MORAES, R. *Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas*. 2º ed. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, p.195-208, 2003.

SALES, F. H. S.; OLIVEIRA, R. M. S.; PONTES, L. R. S. **Experimentoteca de Física: Uma proposta alternativa para o ensino de Física no Ensino Médio**. *Holos* (natal.online), v. 4, p. 143-159, 2010.

SENRA, Clarice P.; BRAGA, Marco. **Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional**. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 31, n. 1, p. 7-29, abril. 2014.

SOARES, José Itamar. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: as concepções dos professores de física do CEFET-PI**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do Título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Canoas-RS, 2010.

TAMIR, P.: LUNETTA, V. N. **As atividades no laboratório**. Belo Horizonte: Cecimig - UFMG, 1990.

TAMIR, P. **Practical work at school: An analysis of current practice**. In: B. E. WOOLNOUGH (ed.), *Practical Science* (p. 13-20). Milton Keynes: Open University Press, 1991.

VAZ, Leandro M. A. **Propondo material de apoio à prática com simuladores no Ensino/Aprendizagem de Eletrostática em EJA**. Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física - Área de Concentração: Ensino de Física - pelo Programa de Mestrado Nacional em Pesquisa e Ensino de Física (MNPEF), polo Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2015.

VILAÇA, Frederico Nogueira. **Revisão Bibliográfica: A Experimentação no Ensino de Física**. UFSJ, São João Del Rei – MG, 2012.

WHITE, R. F. **The link between the laboratory and learning**. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

ZANON, Lenir B., SILVA, Lenice H. **A experimentação no ensino de Ciências**. In: SCHNETZLER, Roseli P., ARAGÃO, Rosália M. R. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000. 182 p.

## *Apêndice 1 – Experimentos realizados com os Alunos*

---

**Atividades experimentais selecionadas para serem realizadas com os alunos, compiladas do conjunto de roteiros do produto pedagógico.**

### **Experimento 1**

## **AVALIAÇÃO DE TEMPERATURA**

### **Introdução**

Macroscopicamente, temperatura é a grandeza física que caracteriza o estado térmico dos corpos e que nos permite classificar os corpos, como: quentes; frios e mornos.

Microscopicamente, a temperatura de um corpo está intimamente relacionada com a agitação das partículas que constituem esses corpos. Assim, corpos com maior temperatura, apresentam maior grau de agitação térmico molecular, ou seja, corpos quentes têm moléculas mais agitadas (com maior energia cinética) do que corpos frios.

Como não podemos aferir, diretamente, a agitação molecular, para avaliar a temperatura de um corpo, utilizamos as propriedades de alguns sistemas (como: cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico é alterado. Os termômetros (medidores de temperatura) são construídos levando-se em conta as relações entre as variações de uma dessas propriedades e as variações do estado térmico do sistema.

Quando não se tem um termômetro disponível, é comum as pessoas tentarem avaliar a temperatura dos corpos, por meio do tato. No entanto, **o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que esse observador se encontrava.** Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está.

Outro fator que também dificulta a avaliação da temperatura por meio do tato é a condutividade térmica. **Objetos feitos de materiais diferentes, geralmente, têm condutividades térmicas diferentes e, quando são tocados, nos dão sensações térmicas diferentes, mesmo estando à mesma temperatura.** Comumente, os objetos que nos cercam estão a uma temperatura menor do que a do corpo humano e, nesse caso, quando são tocados, há transferência de calor do corpo humano para os objetos tocados. **Quanto maior a condutividade térmica desses objetos, mais rapidamente eles retiram energia de nossos corpos, nos dando a sensação de que suas temperaturas estão mais baixas do que realmente estão.**

Nesse experimento, tentaremos constatar tudo o que foi afirmado anteriormente.

### **Objetivos**

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Constatar que o tato não é eficiente para avaliar temperatura;
- Constatar que a condutividade térmica influencia a avaliação de temperaturas.

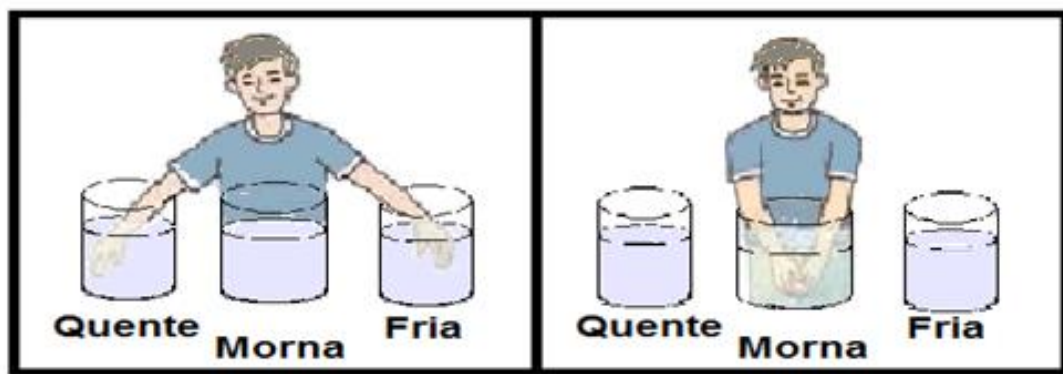
## Materiais Necessários

- Béquero com água quente: a uma temperatura que não queime as mãos dos alunos;
- Béquero com água fria: próxima a 0° Celsius;
- Béquero com água morna: à temperatura ambiente.

## Procedimentos

### Primeira Parte (1ª aula)

- a. Sobre a bancada há três béqueres com águas a temperaturas diferentes, devidamente etiquetados. Coloque as duas mãos na água morna, durante uns 30 segundos. Em seguida, coloque a mão direita no béquero com água quente e a mão esquerda no béquero com água fria, por mais trinta (30) segundos.
- b. Simultaneamente e sem demora, coloque as duas mãos no béquero com água morna, tentando avaliar o estado físico da água do terceiro béquero, com ambas as mãos.



1. Ambas as mãos tiveram as mesmas sensações térmicas para a temperatura da água morna? Justifique, descrevendo a diferença de sensações, em cada mão.

---

---

---

---

---

2. A mão direita recebeu ou cedeu calor para a água morna? E a mão esquerda? Justifique cada resposta.

---

---

---

---

- c. Encoste as palmas das duas mãos e as mantenham encostadas por cerca de 30 segundos. Em seguida, toque, simultaneamente, em duas superfícies diferentes (por

exemplo, na porta de madeira e na maçaneta metálica), tentando avaliar a temperatura dessas superfícies.

3. Qual a importância de manter as mãos unidas, por cerca de 30 segundos, antes de se fazer a experiência de tocar os objetos diferentes?

---

---

---

4. As duas superfícies tocadas estão em equilíbrio térmico, pois já estão em contato há muito tempo. No entanto, você não percebeu que elas estavam à mesma temperatura. Por que o metal pareceu estar mais frio?

---

---

---

---

5. Avaliar temperatura, por meio do tato, é um procedimento preciso, isto é, é um processo que sempre nos proporciona a mesma sensação térmica, quando submetido às mesmas condições? Justifique.

---

---

---

---

## Experimento 2

# DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

### Introdução

A dilatação e a contração térmica dos corpos são consequências da mudança de temperatura, em virtude das trocas de calor. Quando aumentamos a temperatura de um corpo (sólido ou líquido), aumentamos a agitação das partículas que o formam. Geralmente, isso faz crescer não só a amplitude da vibração das moléculas, mas também a distância média entre elas, resultando em aumento nas dimensões desse corpo. Esse aumento é chamado dilatação térmica. Da mesma forma, a diminuição da temperatura geralmente acarreta a redução das dimensões do corpo (contração térmica).

Toda dilatação e contração térmica de corpos homogêneos e isotrópicos<sup>1</sup> é volumétrica, mas, para fins práticos, costuma-se analisar as dilatações e contrações térmicas dos sólidos de três formas:

- **Linear** - quando estamos interessados somente na alteração do comprimento do corpo, ou seja, quando se quer avaliar a variação de uma dimensão do corpo;
- **Superficial** - quando se quer analisar as alterações no comprimento e na largura do corpo, isto é, alterações em duas dimensões do corpo;
- **Volumétrica** - que está relacionada com a alteração das três dimensões do corpo, ou seja, com mudanças no comprimento, na largura e na altura.

Em geral, pode-se afirmar que quanto maior o coeficiente de dilatação do corpo, maior será a dilatação ou a contração térmica desse corpo, ao sofrer variações de temperatura. No entanto, é difícil perceber, a olho nu, essas variações nas dimensões dos sólidos, porque elas são muito pequenas, quando comparadas com as dimensões dos corpos que sofrem a mudança de temperatura. Mas, no nosso cotidiano, nos deparamos com diversas situações nas quais é necessário levá-las em consideração. Por exemplo, na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro são deixadas “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, para prevenir trincas e rachaduras causadas pela dilatação térmica dos materiais de construção. A fixação dos fios elétricos nos postes é feita com certa folga para se evitar a ruptura desses fios quando ocorrer a contração térmica, quando a temperatura local diminui.

Uma situação que sempre causa dúvida é a dilatação ou a contração térmica de objetos que contêm furos. No caso de aumento de temperatura, há aumento ou redução dos diâmetros desses furos? Lembrando-se que aumentos na temperatura de um corpo, provocam aumentos na agitação das partículas que constituem esse corpo e, conseqüentemente, maior afastamento dessas partículas, podemos concluir que os diâmetros dos furos devem aumentar, pois as partículas das bordas desses furos devem se afastar, uma das outras. Se os diâmetros diminuíssem, as partículas ficariam mais próximas, uma das outras, o que seria incompatível com um aumento de temperatura.

Neste experimento, queremos constatar a dilatação e a contração térmica dos sólidos. Também, será estudado o comportamento térmico de uma barra, com o dilatômetro de precisão, a fim de calcularmos o coeficiente de dilatação térmica linear do material que compõe essa barra.

---

<sup>1</sup> Um meio é denominado isotrópico quando apresenta a mesmas propriedades físicas em todos os pontos. Por exemplo, o ar presente nessa sala é homogêneo (só apresenta uma fase), mas não é isotrópico, pois não tem a mesma velocidade, densidade, temperatura e pressão em todos os pontos da sala.

## Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Diferenciar as dilatações térmicas lineares, superficiais e volumétricas;
- Compreender que as dilatações lineares e superficiais são casos particulares da dilatação volumétrica;
- Constatar a dilatação térmica superficial e volumétrica;
- Discutir a dilatação (e a contração) de corpos com furos.

## Materiais Necessários

- Conjunto Anel de Gravezande;
- Bico de *Bunsen*.



## Procedimentos

- a. O Conjunto Anel de Gravezande é constituído, basicamente, por uma esfera e uma arruela, constituídas pelo mesmo material. Passe a esfera de metal através do anel de gravezande (da arruela). Observe que, à temperatura ambiente, a esfera atravessa o anel facilmente.
  - b. Acenda a chama do bico de *Bunsen* e, com muito cuidado, leve a esfera à chama, para aquecê-la, durante uns 3 (três) minutos.
  - c. Apoie a esfera aquecida sobre o anel de gravezande e aguarde por alguns segundos, observando o que ocorre.
1. A dilatação térmica da esfera metálica é linear, superficial ou volumétrica? E a dilatação térmica da arruela? Justifique ambos os casos.

---

---

---

---

2. Por que, inicialmente, a esfera aquecida não atravessa a arruela?

---

---

---

3. Por que, posteriormente, após a esfera trocar calor com a arruela, ela voltou a atravessar o anel?

---

---

---



4. O que ocorre com as dimensões do orifício de uma chapa metálica quando ela é aquecida: aumenta ou diminui? Justifique.

---

---

---

---

5. O processo de dilatação térmica é reversível? Justifique.

---

---

---

---

6. Com relação aos fenômenos da dilatação e da contração térmicas, responda:

- a. É comum encontrarmos corpos idênticos, em equilíbrio térmico, que estão presos, um dentro do outro. Supondo que esses corpos sejam constituídos de mesmo material (como por exemplo, de alumínio), é correto afirmar que eles vão se separar caso sofram a mesma variação de temperatura? Justifique.

---

---

---

---

- b. Cite pelo menos dois métodos que facilitem a separação dos corpos metálicos citados no item anterior.

---

---

---

---

## Experimento 3

# CALOR ESPECÍFICO

### Introdução

Suponha que certa porção de matéria recebeu calor e sofreu variação de temperatura, sem mudar de estado físico (fase). Se dividirmos a quantidade de calor recebida pelo produto entre a massa e a variação de temperatura dessa matéria, encontraremos uma importante grandeza física, denominada *calor específico* ( $c$ ), que é característico das substâncias, isto é, as substâncias podem ser identificadas por seus calores específicos.

Por exemplo, se o calor específico ( $c$ ) de um metal é de  $0,11 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ , significa que um grama desse metal sofrerá uma variação de temperatura de um grau celsius, se receber  $0,11$  caloria de energia térmica. Se compararmos esse valor com uma tabela de calores específicos, descobriremos que esse metal é o *aço*.

Convém lembrar que devemos utilizar um calorímetro, quando queremos estudar trocas de calor. A finalidade desse calorímetro é isolar, termicamente, os corpos em seu interior, isto é, o calorímetro evita os três processos de propagação de calor entre os corpos em seu interior e o ambiente externo. Também é importante lembrar que, geralmente, o calorímetro troca calor com as substâncias em seu interior. Por isso, é importante saber a capacidade térmica do calorímetro utilizado. A Capacidade Térmica ( $C$ ) representa a quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

Com este experimento, queremos calcular o calor específico de um pequeno bloco metálico e, a partir desse valor, tentar descobrir a substância que o constitui. Para tanto, vamos provocar uma troca de calor entre o bloco, a água e o calorímetro. Lembre-se de que o calor específico da água é muito grande, quando comparado ao do bloco. Isso significa que, mesmo que a água receba ou ceda uma grande quantidade de calor, sua variação de temperatura não será muito elevada. Por isso, não espere elevadas variações de temperatura para a água e, em todas as medições dessa grandeza, use a precisão de décimos de graus celsius.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Utilizar a equação de conservação de energia térmica para estudar as trocas de calor;
- Determinar a capacidade térmica de um calorímetro;
- Identificar o calor específico;
- Reconhecer que o calor específico é característico das substâncias;
- Calcular o calor específico de um bloco.

### Materiais Necessários

- Balança digital;
- Calorímetro;
- Termômetro;
- Calculadora;
- Béquero de 250ml;
- Balão de fundo chato de 100ml;
- Perfil universal com garra;

- Pisseta com água;
- Bico de Bunsen;
- Tripé com tela de amianto;
- Bloco de metal;
- Pinça.

## Procedimentos

**Obs.:** Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes.

### Determinando a Capacidade Térmica do Calorímetro

- a) Meça, com auxílio de um béquer, 50 mL de água morna, à temperatura ambiente, e transfira para o calorímetro.
  - b) Tampe o calorímetro e, cuidadosamente, introduza o bulbo do termômetro no interior da garrafa, através do orifício da tampa.
1. Espere cerca de 2,0min para que o sistema, formado pelo calorímetro e a água, atinja o equilíbrio térmico e meça a temperatura inicial ( $T_0$ ) desse sistema.

$$T_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c) Meça mais 50mL de água no béquer e transfira para o balão de fundo chato.
  - d) Prenda o balão de fundo chato à garra do perfil universal e posicione-o sobre a chama do bico de bunsen.
  - e) Acenda o bico de bunsen e observe o sistema, até que a água ferva.
2. Meça e anote a temperatura ( $T_1$ ) de ebulição da água.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- f) Rapidamente, retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, despeje a água fervente no calorímetro, tampando-o em seguida.
  - g) Apague a chama do bico de bunsen.
3. Espere o novo sistema entrar em equilíbrio térmico, meça e anote a temperatura final ( $T_2$ ) do conjunto.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Obs:** Não jogue fora a água do calorímetro e mantenha-o fechado.

4. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g · °C), determine a capacidade térmica do calorímetro, usando os valores medidos. Considere que só tenha ocorrido trocas de calor entre a água morna, a água quente e o calorímetro.

Cálculos:

### Determinando o Calor Específico do Bloco Metálico

5. Usando a balança, meça a massa do bloco metálico, em gramas.

$$M_c = \underline{\hspace{2cm}}$$

- h) Coloque mais 50mL de água e o bloco metálico no interior do béquer.
- i) Acenda o bico de Bunsen e posicione o tripé com a tela de amianto sobre a chama.
- j) Coloque o béquer, com a água e o bloco, na tela de amianto e aqueça-os, até que a água entre em ebulição.

6. Quando a água ferver, meça e anote a temperatura ( $T_3$ ) do conjunto água e bloco.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Meça e anote, novamente, a temperatura ( $T_4$ ) da água que está no calorímetro. Ela pode ter sofrido uma leve variação de temperatura, desde a medida anterior.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- k) Usando a pinça, retire apenas o bloco metálico de dentro do béquer e coloque-o, rapidamente, no calorímetro. Tampe o calorímetro e agite levemente para que o novo conjunto entre em equilíbrio térmico.

8. Meça e anote a nova temperatura final ( $T_5$ ) de equilíbrio térmico.

$$T_5 = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Considerando apenas as trocas de calor que ocorreram no interior do calorímetro, descreva quem cedeu e quem recebeu energia, até atingir o equilíbrio térmico, na nova troca de calor ocorrida no interior do calorímetro.

---

---

---

10. Utilizando os valores medidos na nova troca de calor ocorrida no calorímetro, determine o calor específico do bloco metálico.

Cálculos:

**Obs.:** na tabela abaixo há alguns valores de calores específicos.

SUBSTÂNCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g · °C)
Alumínio	0,219
Ferro	0,119
Cobre	0,093
Chumbo	0,031

11. Analisando os valores da tabela anterior, identifique o tipo de substância que compõe o bloco.

---

12. Cite pelo menos dois fatores que justifiquem a possível diferença entre os calores específicos: calculado e tabelado.

---

---

---

---

---

## Experimento 4

# PRESSÃO E TEMPERATURA

### Introdução

Analisando o mundo ao nosso redor, percebemos que a matéria pode se apresentar, segundo a Física Clássica, em três modos distintos, denominados estados físicos ou fases: sólido, líquido e gasoso. Sob condições adequadas de temperatura e pressão, as substâncias podem se apresentar em qualquer uma das três fases, inclusive, em mudança de estado.

A influência da pressão sobre as temperaturas de mudança de estado está relacionada com as alterações de volume que sempre ocorrem nas transições de fase. De uma maneira geral, pode-se estabelecer:

- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume aumenta, será dificultada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais elevada;**
- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume diminui, será facilitada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais baixa.**

Neste experimento, queremos estudar a influência da pressão sobre a temperatura de mudança de estado, estabelecendo suas relações.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Reconhecer que a pressão interfere na temperatura de mudança de estado físico;
- Constatar as relações de dependência entre pressão e temperatura de mudança de fase.

### Materiais Necessários

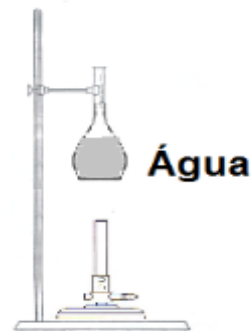
- Bloco de gelo;
- Fio de aço fino com discos em suas extremidades;
- Termômetro;
- Apoios de madeira;
- Pisseta com água;
- Balão volumétrico pequeno (ou tubo de ensaio), com tampa;
- Béquer que caiba o balão volumétrico ou tubo de ensaio;
- Haste universal com garra metálica;
- Bico de Bunsen.



### Procedimentos

- a. Coloque o bloco de gelo sobre os apoios de madeira e passe o fino fio de aço com os discos por sobre ele, conforme figura. Deixe esse sistema de lado e, no final do experimento, retome-o e analise o que ocorreu.

- b. Usando a pisseta, coloque um pouco de água no balão volumétrico (ou tubo de ensaio).
- c. Prenda o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) na garra da haste universal.
- d. Acenda o bico de Bunsen.
- e. Sem tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), leve-o ao fogo até que a água entre em ebulição, conforme figura.



1. Meça a temperatura de ebulição da água.

$$T_e = \underline{\hspace{2cm}}$$

- f. Após a medição da temperatura, tampe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) e apague, imediatamente, a chama do bico de bunsen.

**Obs.:** Note que, ao tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), a água para, imediatamente, de ferver.

- g. Coloque um pouco de água, à temperatura ambiente, no béquer;
- h. Retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, mergulhe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado, na água que está no béquer e observe o que ocorre.



2. Em cidades litorâneas, a água ferve a 100°C. Por que isso não ocorre em Brasília?

---



---



---

3. Explique o motivo pelo qual a água contida no balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado volta a entrar em ebulição, quando mergulhada em água à temperatura ambiente.

---



---



---

4. Quando diminuimos a pressão sobre a água, o que acontece com a temperatura de ebulição dessa substância? Justifique.

---



---



---

5. Observe o bloco de gelo e o fio com os discos, usados no início do experimento, e descreva o que ocorreu com eles.

---

---

---

6. Explique o ocorrido, em função da variação de pressão, exercida pelo fio, sobre o bloco de gelo.

---

---

---

7. Se o fio atravessou o gelo, por que esse gelo não se partiu?

---

---

---

---

8. Quando aumentamos a pressão sobre o gelo, o que acontece com a temperatura de fusão dessa substância? Justifique.

---

---

---

9. A partir das relações entre as alterações de pressões e as correspondentes variações nas temperaturas de mudança de estado físico, responda:

- i. o que aconteceria com um líquido, contido em um recipiente, se a pressão a que estiver submetido for diminuída drasticamente? Justifique.

---

---

---

---

- ii. O acúmulo de neve, no alto das montanhas, pode provocar avalanches. Pensando em termos da variação de pressão, como poderíamos justificar esse fato?

---

---

---

---





**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL**  
**EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**

Produto Pedagógico do Mestrado Profissional

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA**  
**PARA O ENSINO MÉDIO**

**Ednilton Mariano Chaves**

Orientador: Prof. PhD. Júnio M. R. Cruz  
Instituto de Física – UnB

Brasília, Outubro de 2014

## Texto Introdutório: TERMOLOGIA

É o ramo da Física que estuda os fenômenos relacionados à mudança de temperatura (aquecimento ou resfriamento) e/ou às mudanças de estado físico da matéria, quando os corpos cedem ou recebem calor.

Mas, o que é temperatura? E calor? São sinônimos? Apesar de serem constantemente confundidos, temperatura e calor têm significados físicos bem distintos.

Macroscopicamente, temperatura é a grandeza física que nos permite avaliar o estado térmico dos corpos e classificá-los, como: quentes; frios e mornos. Isto é, a temperatura pode ser entendida como a propriedade física que indica o quanto um objeto é quente ou frio, em relação a um outro objeto, tomado como padrão.

Convém frisar que o tato é muito impreciso na avaliação de temperaturas, pois depende da sensibilidade de cada observador e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que ele se encontrava. A percepção da grandeza temperatura, por meio do tato, depende, também, da condutividade térmica dos corpos que se quer avaliar.

Do ponto de vista microscópico, temperatura é a grandeza física associada ao estado de movimento (ou à agitação) das partículas que compõem os corpos. Mas, como não podemos avaliar, diretamente, essa agitação de partículas, utilizamos algumas propriedades dos corpos (volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico do sistema é alterado, como indicadores de temperatura dos corpos. Os termômetros (medidores de temperatura) são construídos levando-se em conta as relações entre as variações da propriedade escolhida e as variações do estado térmico do sistema. Escolhendo-se, arbitrariamente, grandezas que possam servir para aferir temperatura, conhecidas como *grandezas termométricas*, pode-se construir uma infinidade de termômetros, com escalas arbitrárias e muitas vezes incomuns. A fim de evitar esse inconveniente, podem-se estabelecer certas regras para tais grandezas ou propriedades das substâncias, regras essas que devem ser adotadas internacionalmente. Usando regras definidas, obtêm-se as escalas termométricas, como a Celsius, a Fahrenheit ou a escala absoluta de Kelvin.

Quando há aquecimento e resfriamento de um corpo, bem como mudança de estado físico, admitimos existir entre os corpos uma troca de energia térmica, a qual é denominada calor. Então, calor é energia térmica que flui de um corpo para outro, em razão da diferença de temperatura existente entre eles.

Para uma melhor compreensão, analise a situação: uma pessoa segura uma pedra de gelo nas mãos, a qual começa a se derreter. Pergunta-se: qual dos dois corpos tinha inicialmente maior temperatura, a mão ou o gelo? Com certeza, a mão estava mais quente. Como a temperatura da mão era maior que a do gelo, ela cedeu energia térmica para ele. Essa energia, em trânsito (passando de um corpo para outro, em virtude da diferença de temperatura), é denominada calor. Desta forma, "sempre que encostarmos corpos, ou sistemas, que estejam com temperaturas diferentes, haverá troca de calor entre eles e, espontaneamente, o calor sempre passará do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, até que ambos atinjam a mesma temperatura, ou seja, atinjam o equilíbrio térmico".

Levando-se em conta as observações anteriores, a Lei Zero da Termodinâmica assim postula: "se A e B são dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico um com o outro". Apesar de muito simples, a Lei Zero é de grande importância experimental, pois permite a medição da temperatura de sistemas.

Formalmente, a temperatura é a propriedade de todos os sistemas em equilíbrio termodinâmico; essa grandeza é tal que a condição necessária e suficiente para que haja equilíbrio térmico entre vários sistemas é que a temperatura desses sistemas seja a mesma.

Mas, como o calor passa de um corpo para outro? Pode ocorrer de três formas.

- Condução – a transmissão de energia é feita de partícula a partícula, por meio da vibração, sem que haja deslocamento de matéria. Ocorre, principalmente, nos sólidos;
- Convecção - a transmissão de energia é feita de uma região para outra por meio do deslocamento de matéria, que é uma característica típica dos fluidos;
- Irradiação - a transmissão de energia é feita por meio de infravermelho e, por isso, não necessita de um meio material para propagar-se (pode ser transmitida pelo vácuo).

Como consequências da mudança de temperatura, quando há trocas de calor, surgem a dilatação e a contração térmica, fenômenos no qual um corpo sofre variação em suas dimensões, em virtude de alteração na vibração térmica das moléculas desse corpo.

Toda dilatação e contração térmica é volumétrica, mas, com fins didáticos, costuma-se analisar as dilatações e contrações térmicas dos sólidos sob três aspectos de relevância:

- Linear - quando se estuda somente a alteração no comprimento do corpo, ou seja, quando se quer avaliar a variação de uma dimensão do corpo;
- Superficial - quando se que analisa as alterações no comprimento e na largura do corpo, isto é, alterações em duas dimensões do corpo;
- Volumétrica - que está relacionada com a alteração das três dimensões do corpo, ou seja, com o comprimento, a largura e a altura.

Em geral, é difícil perceber, a olho nu, a dilatação e a contração térmica dos sólidos, mas, no nosso cotidiano, nos deparamos com diversas situações nas quais é necessário levá-las em consideração, como: trilhos de trens que são colocados de modo que sempre haja um pequeno espaço entre eles, para evitar as deformações; nas calçadas cimentadas e entre as placas de cerâmica (dos pisos e paredes) são colocadas juntas de dilatação para se evitar a ruptura dessas estruturas, etc.

Assim como os sólidos, os líquidos também se dilatam e se contraem com a alteração da temperatura. Mas, como os líquidos não têm forma própria (eles assumem a forma dos recipientes que os contêm), não tem sentido em se definir dilatação ou contração linear e superficial para eles. Por isso, para os líquidos, só se estuda o caso volumétrico.

E os gases? Por não terem nem forma e nem volume próprios, não se define dilatação (nem contração) para essa fase da matéria. Além disso, os gases reais (hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, hélio etc.), por causa de suas características moleculares, em geral apresentam comportamentos diferentes. Analisando essas propriedades, os cientistas Robert Boyle, Jacques Charles, Louis Joseph Gay-Lussac e Paul Emile Clayperon estabeleceram regras que, quando seguidas pelos gases, passam a se comportar, macroscopicamente, de maneira semelhante. Dizemos, então, que um gás nessas condições é denominado de gás perfeito.

Grande parte dos fenômenos térmicos só foram estudados e incorporados à Ciência após a Revolução Industrial, quando as máquinas térmicas começaram a ser utilizadas nas fábricas. A partir da análise do funcionamento dessas máquinas, as três Leis da Termodinâmica foram descobertas, o que possibilitou, hoje em dia, a produção de máquinas e motores mais eficientes — como as turbinas que impulsionam aviões e navios, ou os motores a "diesel", utilizados em tratores e caminhões — os quais contribuem com o aumento da produção e distribuição de alimentos e bens de consumo, melhorando a qualidade de vida das pessoas.

## Experimento 1

# AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

### Introdução

Macroscopicamente, temperatura é a grandeza física que caracteriza o estado térmico dos corpos e que nos permite classificar os corpos, como: quentes; frios e mornos.

Microscopicamente, a temperatura de um corpo está intimamente relacionada com a agitação das partículas que constituem esses corpos. Assim, corpos com maior temperatura, apresentam maior grau de agitação térmico molecular, ou seja, corpos quentes têm moléculas mais agitadas (com maior energia cinética) do que corpos frios.

Como não podemos aferir, diretamente, a agitação molecular, para avaliar a temperatura de um corpo, utilizamos as propriedades de alguns sistemas (como: cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico é alterado. Os termômetros (medidores de temperatura) são construídos levando-se em conta as relações entre as variações de uma dessas propriedades e as variações do estado térmico do sistema.

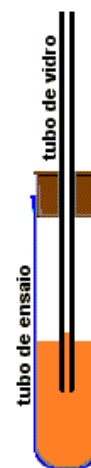
Quando não se tem um termômetro disponível, é comum as pessoas tentarem avaliar a temperatura dos corpos, por meio do tato. No entanto, **o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que esse observador se encontrava.** Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está.

Outro fator que também dificulta a avaliação da temperatura por meio do tato é a condutividade térmica. **Objetos feitos de materiais diferentes, geralmente, têm condutividades térmicas diferentes e, quando são tocados, nos dão sensações térmicas diferentes, mesmo estando à mesma temperatura.** Comumente, os objetos que nos cercam estão a uma temperatura menor do que a do corpo humano e, nesse caso, quando são tocados, há transferência de calor do corpo humano para os objetos tocados. **Quanto maior a condutividade térmica desses objetos, mais rapidamente eles retiram energia de nossos corpos, nos dando a sensação de que suas temperaturas estão mais baixas do que realmente estão.**

Uma maneira mais precisa de se avaliar a temperatura de um corpo é por meio de um **termoscópio**. Trata-se de um instrumento que utiliza uma propriedade física (cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.) que varia quando o estado térmico do corpo é alterado. Mas, lembre-se de que os termoscópios, assim como o tato, apenas avaliam temperaturas, não as medem porque não possuem escalas termométricas. Para se medir temperatura, temos que usar termômetros.

Nesse experimento, tentaremos constatar tudo o que foi afirmado anteriormente. Em algumas atividades, utilizaremos o termoscópio representado na figura ao lado. Ele é constituído por um tubo de ensaio com um pouco de água colorida, encerrado por uma tampa, a qual é atravessada por um canudo de vidro, que mantém uma extremidade imersa no líquido. Nesse instrumento, a propriedade física que varia com a temperatura é a altura da coluna líquida no tubo de vidro. Como a expansão do ar contido no tubo de ensaio é maior do que a dilatação do líquido, para uma maior percepção da variação da altura da coluna líquida

Termoscópio



no tubo de vidro, a quantidade de líquido no tubo de ensaio deve ser mínima possível, cerca de dois centímetros de altura.

Essa atividade foi desenvolvida para ser realizada em duas aulas.

## Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Constatar que o tato não é eficiente para avaliar temperatura;
- Constatar que a condutividade térmica influencia a avaliação de temperaturas;
- Analisar o funcionamento de um termoscópio;
- Relacionar a altura da coluna líquida no termoscópio com o estado térmico dos corpos;
- Relacionar a altura da coluna líquida no termoscópio com a correspondente temperatura celsius;
- Utilizar a relação entre a altura da coluna líquida e a escala celsius para determinar a temperatura de um corpo.

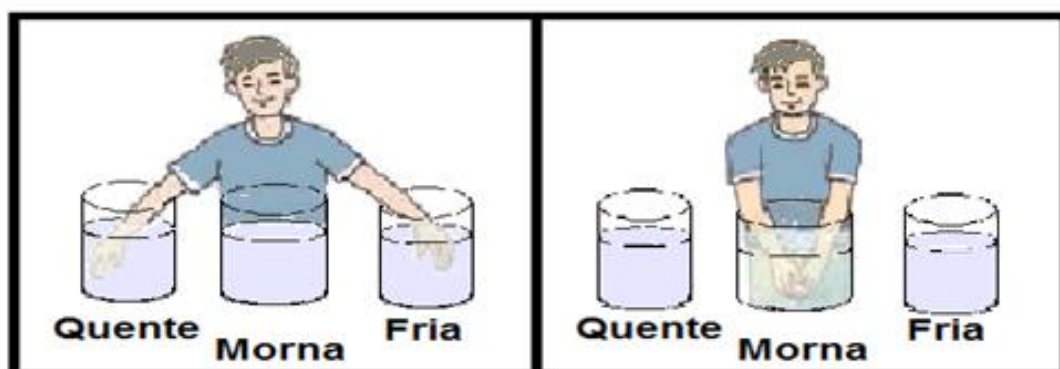
## Materiais Necessários

- Béquer com água quente: a uma temperatura que não queime as mãos dos alunos;
- Béquer com água fria: próxima a 0° Celsius;
- Béquer com água morna: à temperatura ambiente;
- 2 Termoscópios idênticos;
- Termômetro científico;
- Régua;
- Calculadora.

## Procedimentos

### Primeira Parte (1ª aula)

- d. Sobre a bancada há três béqueres com águas a temperaturas diferentes, devidamente etiquetados. Coloque as duas mãos na água morna, durante uns 30 segundos. Em seguida, coloque a mão direita no béquer com água quente e a mão esquerda no béquer com água fria, por mais trinta (30) segundos.
- e. Simultaneamente e sem demora, coloque as duas mãos no béquer com água morna, tentando avaliar o estado físico da água do terceiro béquer, com ambas as mãos.



6. Ambas as mãos tiveram as mesmas sensações térmicas para a temperatura da água morna? Justifique, descrevendo a diferença de sensações, em cada mão.

---

---

---

---

---

7. A mão direita recebeu ou cedeu calor para a água morna? E a mão esquerda? Justifique cada resposta.

---

---

---

---

- f. Encoste as palmas das duas mãos e as mantenham encostadas por cerca de 30 segundos. Em seguida, toque, simultaneamente, em duas superfícies diferentes (por exemplo, na porta de madeira e na maçaneta metálica), tentando avaliar a temperatura dessas superfícies.

8. Qual a importância de manter as mãos unidas, por cerca de 30 segundos, antes de se fazer a experiência de tocar os objetos diferentes?

---

---

---

9. As duas superfícies tocadas estão em equilíbrio térmico, pois já estão em contato há muito tempo. No entanto, você não percebeu que elas estavam à mesma temperatura. Por que o metal pareceu estar mais frio?

---

---

---

---

10. Avaliar temperatura, por meio do tato, é um procedimento preciso, isto é, é um processo que sempre nos proporciona a mesma sensação térmica, quando submetido às mesmas condições? Justifique.

---

---

---

---

## Segunda Parte (2ª aula)

- g. Há dois termoscópios na bancada. Constate que eles são idênticos e, em seguida, compare-os com o termômetro científico.

11. Qual a principal diferença entre os termoscópios e o termômetro científico?

---

---

- h. Coloque um termoscópio no béquer com água quente e o outro no béquer com água fria. Observe as alterações ocorridas, durante alguns segundos.

12. Descreva o que aconteceu nos termoscópios para demonstrar que as águas estavam a temperaturas diferentes.

---

---

---

---

- i. Coloque o termoscópio e o termômetro no béquer com água quente e espere o equilíbrio térmico entre esses sistemas.

- j. Utilizando a régua, meça a altura  $H_1$  da coluna líquida no tubo de vidro do termoscópio, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio, após o termoscópio entrar em equilíbrio térmico com a água quente. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- k. Utilizando o termômetro, meça a temperatura  $T_1$  da água quente e anote-a, com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- l. Agora, mergulhe o termoscópio e o termômetro no recipiente com água fria e observe o que ocorre, até atingir o equilíbrio térmico.

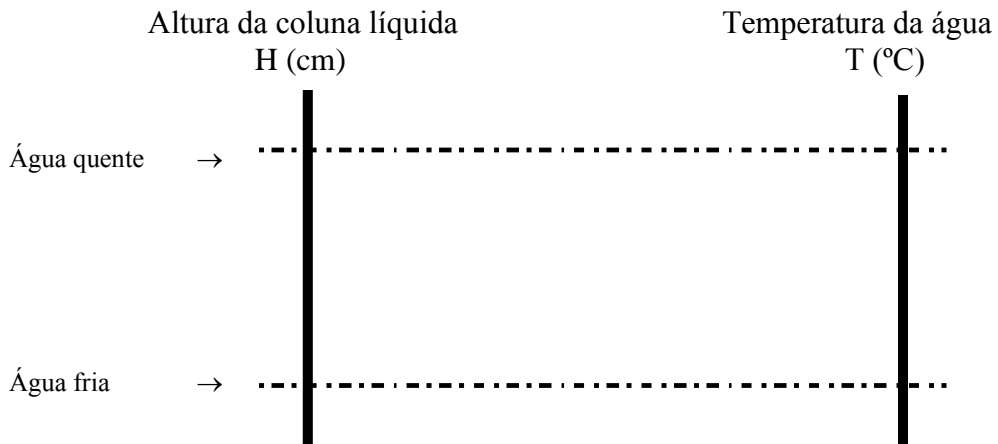
- m. Utilizando a régua, meça a altura  $H_2$  da coluna líquida no tubo de vidro do termoscópio, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio, após o termoscópio entrar em equilíbrio térmico com a água fria. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- n. Utilizando o termômetro, meça a temperatura da água fria e anote-a, com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

13. Anote os valores correspondentes para as alturas da coluna líquida e as temperaturas das águas avaliadas.



14. A partir dos valores do item anterior, determine a função termométrica entre a altura da coluna líquida H, em cm, e a temperatura da água, em °C.

Cálculos:

- o. Coloque o termoscópio no béquer com água morna; espere atingir o equilíbrio térmico e meça a altura  $H_3$  da coluna líquida, em relação ao nível do líquido no tubo de ensaio. Anote o valor medido com a precisão de décimos de milímetros.

$$H_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

15. Usando a função termométrica entre a altura H da coluna líquida e a temperatura T da água, determine a temperatura da água morna.

Cálculos:



- p. Coloque o termômetro no béquer com água morna, espere o equilíbrio térmico e meça a temperatura  $T_3$  da água morna. Anote o valor medido com a precisão de décimos de graus celsius.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

16. Compare o valor calculado para a temperatura da água morna com o valor medido. Cite, pelo menos dois, motivos que justifiquem a possível diferença (ou não) entre esses valores.

---

---

---

---

---

## Experimento 2

# DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

### Introdução

A dilatação e a contração térmica dos corpos são consequências da mudança de temperatura, em virtude das trocas de calor. Quando aumentamos a temperatura de um corpo (sólido ou líquido), aumentamos a agitação das partículas que o formam. Geralmente, isso faz crescer não só a amplitude da vibração das moléculas, mas também a distância média entre elas, resultando em aumento nas dimensões desse corpo. Esse aumento é chamado dilatação térmica. Da mesma forma, a diminuição da temperatura geralmente acarreta a redução das dimensões do corpo (contração térmica).

Toda dilatação e contração térmica de corpos homogêneos e isotrópicos<sup>2</sup> é volumétrica, mas, para fins práticos, costuma-se analisar as dilatações e contrações térmicas dos sólidos de três formas:

- **Linear** - quando estamos interessados somente na alteração do comprimento do corpo, ou seja, quando se quer avaliar a variação de uma dimensão do corpo;
- **Superficial** - quando se quer analisar as alterações no comprimento e na largura do corpo, isto é, alterações em duas dimensões do corpo;
- **Volumétrica** - que está relacionada com a alteração das três dimensões do corpo, ou seja, com mudanças no comprimento, na largura e na altura.

Em geral, pode-se afirmar que quanto maior o coeficiente de dilatação do corpo, maior será a dilatação ou a contração térmica desse corpo, ao sofrer variações de temperatura. No entanto, é difícil perceber, a olho nu, essas variações nas dimensões dos sólidos, porque elas são muito pequenas, quando comparadas com as dimensões dos corpos que sofrem a mudança de temperatura. Mas, no nosso cotidiano, nos deparamos com diversas situações nas quais é necessário levá-las em consideração. Por exemplo, na construção de pontes, edifícios e estradas de ferro são deixadas “folgas”, chamadas de juntas de dilatação, para prevenir trincas e rachaduras causadas pela dilatação térmica dos materiais de construção. A fixação dos fios elétricos nos postes é feita com certa folga para se evitar a ruptura desses fios quando ocorrer a contração térmica, quando a temperatura local diminui.

Uma situação que sempre causa dúvida é a dilatação ou a contração térmica de objetos que contêm furos. No caso de aumento de temperatura, há aumento ou redução dos diâmetros desses furos? Lembrando-se que aumentos na temperatura de um corpo, provocam aumentos na agitação das partículas que constituem esse corpo e, conseqüentemente, maior afastamento dessas partículas, podemos concluir que os diâmetros dos furos devem aumentar, pois as partículas das bordas desses furos devem se afastar, uma das outras. Se os diâmetros diminuíssem, as partículas ficariam mais próximas, uma das outras, o que seria incompatível com um aumento de temperatura.

Neste experimento, queremos constatar a dilatação e a contração térmica dos sólidos. Também, será estudado o comportamento térmico de uma barra, com o dilatômetro de precisão, a fim de calcularmos o coeficiente de dilatação térmica linear do material que compõe essa barra.

---

<sup>2</sup> Um meio é denominado isotrópico quando apresenta a mesmas propriedades físicas em todos os pontos. Por exemplo, o ar presente nessa sala é homogêneo (só apresenta uma fase), mas não é isotrópico, pois não tem a mesma velocidade, densidade, temperatura e pressão em todos os pontos da sala.

## Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Diferenciar as dilatações térmicas lineares, superficiais e volumétricas;
- Compreender que as dilatações lineares e superficiais são casos particulares da dilatação volumétrica;
- Constatar a dilatação térmica superficial e volumétrica;
- Discutir a dilatação (e a contração) de corpos com furos;
- Analisar a dilatação linear de uma barra metálica;
- Utilizar o dilatômetro de precisão para realizar medidas de dilatação linear;
- Calcular o coeficiente de dilatação linear da barra experimentada.

## Materiais Necessários

- Dilatômetro de precisão;
- Conjunto Anel de Gravezande;
- Suporte Universal;
- Bico de *Bunsen*;
- Calculadora.



## Procedimentos

- d. O Conjunto Anel de Gravezande é constituído, basicamente, por uma esfera e uma arruela, constituídas pelo mesmo material. Passe a esfera de metal através do anel de gravezande (da arruela). Observe que, à temperatura ambiente, a esfera atravessa o anel facilmente.
  - e. Acenda a chama do bico de *Bunsen* e, com muito cuidado, leve a esfera à chama, para aquecê-la, durante uns 3 (três) minutos.
  - f. Apoie a esfera aquecida sobre o anel de gravezande e aguarde por alguns segundos, observando o que ocorre.
7. A dilatação térmica da esfera metálica é linear, superficial ou volumétrica? E a dilatação térmica da arruela? Justifique ambos os casos.

---

---

---

---

8. Por que, inicialmente, a esfera aquecida não atravessa a arruela?

---

---

---

9. Por que, posteriormente, após a esfera trocar calor com a arruela, ela voltou a atravessar o anel?

---

---

---

10. O que ocorre com as dimensões do orifício de uma chapa metálica quando ela é aquecida: aumenta ou diminui? Justifique.

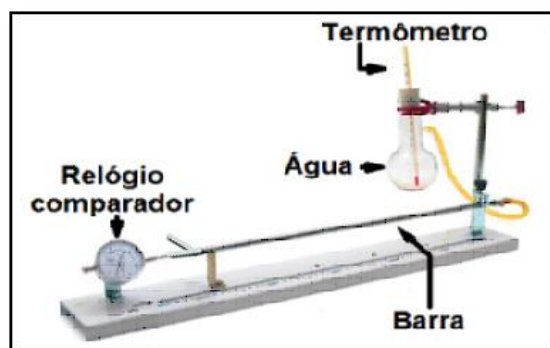
---

---

---

g. Monte o dilatômetro de precisão, conforme figura ao lado.

*Obs.: Ao manusear a barra, procure segurá-la pelas extremidades para evitar o aquecimento da mesma, antes do início do experimento.*



f. Com muito cuidado, avance a barra metálica até tocar na ponteira do relógio comparador do dilatômetro e forçar uma pequena leitura inicial. Prenda a barra nessa localização, apertando o parafuso que se encontra próximo da outra extremidade da barra. Em seguida, ajuste o “zero” da escala, girando o anel recartilhado do relógio comparador, até que a marca do zero coincida com a ponta do maior ponteiro do relógio.

g. Meça a temperatura inicial da barra. Considere que ela esteja em equilíbrio térmico com o meio ambiente.

h. Utilizando a própria escala milimétrica do dilatômetro, meça o comprimento inicial da barra metálica, desde a localização do parafuso que prende a barra, até o início da ponteira do relógio comparador. Perceba que o pequeno pedaço da barra que fica do outro lado do parafuso não influencia o resultado do experimento, pois, ao sofrer dilatação, ele não interfere na medição do relógio comparador e, por isso, não é considerada nessa medida inicial.

11. Anote a temperatura e o comprimento iniciais da barra. Anote o valor da temperatura com a precisão de décimos de graus celsius e o valor do comprimento com a precisão de décimos de milímetros.

$$T_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

i. Acenda a chama do bico de Bunsen e aqueça a água no interior do balão volumétrico.

j. Acompanhe o aquecimento da água até a fervura, analisando o movimento dos ponteiros do relógio comparador do dilatômetro, enquanto o vapor atravessa o interior da barra metálica.

**Obs.:** O vapor que sai da barra é muito quente e pode provocar um acidente. Tenha cuidado!

- k. Após o aquecimento da barra, quando os ponteiros pararem de se movimentar, meça a temperatura final da barra. Considere que a barra esteja em equilíbrio térmico com a água em ebulição e meça essa temperatura no termômetro que está fixado no balão volumétrico.
- l. Meça a dilatação da barra metálica, sabendo que o menor ponteiro do relógio registra os milímetros de dilatação, enquanto o ponteiro maior registra os centésimos de milímetros.
12. Anote a temperatura e a dilatação térmica da barra, após o aquecimento da mesma. Anote o valor da temperatura com a precisão de décimos de graus celsius e o valor do comprimento com a precisão de décimos de milímetros.

$$T_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}$$

- m. Apague a chama do bico de *Bunsen*.
- n. Resfrie a barra metálica, soprando-a ou abanando-a e observe os ponteiros do relógio do dilatômetro.
13. Usando os dados anteriores, calcule, no quadro a seguir, o coeficiente de dilatação linear do material que constitui a barra metálica.

Lembre-se de que a dilatação térmica linear é expressa por:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Onde:  $\Delta L$  – dilatação térmica linear da barra;

$L_0$  – comprimento inicial da barra;

$\alpha$  – coeficiente de dilatação térmica linear;

$\Delta T$  – variação de temperatura da barra.

Cálculos:

**Obs.:** A tabela abaixo mostra alguns valores de coeficiente de dilatação linear.

Material	Coeficiente de Dilatação Linear ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aço	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Chumbo	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Latão	$2,0 \cdot 10^{-5}$

14. Qual é o material que constitui a barra metálica utilizada?

15. Cite pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença entre o valor calculado e o tabelado para o coeficiente de dilatação linear do material da barra.

16. O processo de dilatação térmica é reversível? Justifique.

17. Com relação aos fenômenos da dilatação e da contração térmicas, responda:

c. É comum encontrarmos corpos idênticos, em equilíbrio térmico, que estão presos, um dentro do outro. Supondo que esses corpos sejam constituídos de mesmo material (como por exemplo, de alumínio), é correto afirmar que eles vão se separar caso sofram a mesma variação de temperatura? Justifique.

d. Cite pelo menos dois métodos que facilitem a separação dos corpos metálicos citados no item anterior.

## Experimento 3

# PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR

### Introdução

Quando há diferença de temperatura entre duas regiões do espaço, verifica-se o fluxo de calor, no sentido da região mais quente para a mais fria, como tendência natural de se estabelecer o equilíbrio térmico entre as regiões citadas. Essa propagação de calor pode ocorrer de três formas:

**CONDUÇÃO** – a transmissão de energia é feita de molécula a molécula, por meio da vibração molecular, sem que haja deslocamento de matéria;

**CONVECCÃO** – a transmissão de energia térmica é feita de uma região para outra por meio do deslocamento de matéria. É o processo de propagação de calor característico dos fluidos;

**IRRADIAÇÃO** – a transmissão de energia térmica é feita por meio de ondas eletromagnéticas (infravermelho). Qualquer corpo, com temperatura superior ao zero absoluto (zero kelvin), irradia calor por meio de ondas eletromagnéticas. Esse processo não precisa de um meio material para haja propagação do calor.

Neste experimento, estudaremos os três métodos de propagação de calor, analisando as peculiaridades de cada processo.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

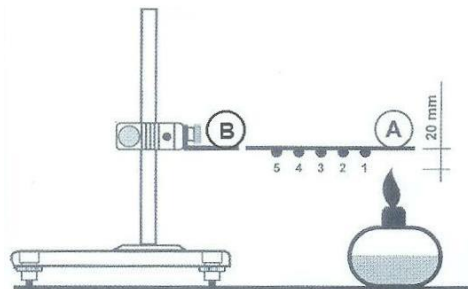
- Identificar as condições para haver propagação de calor;
- Identificar o sentido do fluxo de calor;
- Concluir que o sentido do fluxo de calor coincide com o sentido decrescente de temperaturas;
- Identificar, comparar e classificar os processos de propagação de calor.

### Materiais Necessários

- Conjunto de estudo de propagação de calor;
- Cinco esferas metálicas;
- Lâmpada a álcool;
- Cera de vela (parafina);
- Lâmpada incandescente com bocal;
- Fósforos;
- Ventoinha;
- Termômetro com suporte;
- Régua;
- Cronômetro.

### Procedimentos

- Prenda as cinco esferas de metal na barra de alumínio, utilizando a mesma quantidade de parafina (cera de vela).
- Prenda a barra de alumínio na haste universal, de forma que as esferas fiquem voltadas para baixo (ver figura).
- Acenda a lamparina e aqueça a região (A) extrema da haste que contém as esferas (ver figura anterior).
- Analise o aquecimento da barra de alumínio e observe o que ocorre.



**Obs.:** Imediatamente após a queda das esferas, apague a lamparina.

- Complete a frase.

“Ao se fornecer energia térmica no ponto A, as esferas se desprenderem, sucessivamente (na ordem 1, 2, 3, 4 e 5), pois a \_\_\_\_\_ (**energia térmica/temperatura**) se propagou de molécula a molécula, sem o deslocamento de \_\_\_\_\_. Esse tipo de processo de propagação de calor é denominado \_\_\_\_\_.”

- A esfera 2 poderia cair antes da esfera 1? Justifique.

---

---

---

- Pode-se afirmar que o fluxo de calor, pela barra de alumínio, propagou no sentido da extremidade A para a B (veja figura anterior)? Justifique.

---

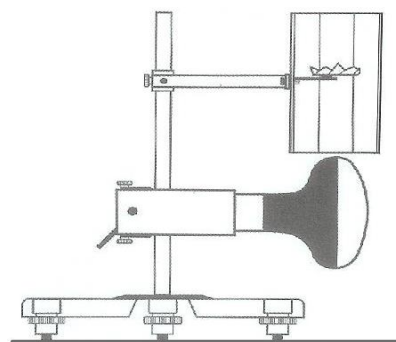
---

---

- Posicione a ventoinha sobre a região central da lâmpada desligada, apoiando-a no pino do suporte, conforme figura abaixo.

**Atenção:** Nas próximas etapas, não olhe para o filamento da lâmpada, enquanto ela estiver acesa, pois pode prejudicar (danificar) suas retinas e sua visão.

- Acenda a lâmpada e observe o que ocorre com a ventoinha.





4. A propagação de calor por condução explicar o ocorrido com a ventoinha? Justifique.

---

---

---

5. Complete as frases.

“A ventoinha começou a \_\_\_\_\_ porque a porção de ar aquecido \_\_\_\_\_ (**subiu/desceu**), por ter \_\_\_\_\_ (**maior/menor**) densidade que o ar frio, uma vez que o volume dessa porção de ar aumentou, por causa do aumento da agitação molecular.”

“Esse processo de propagação de calor é denominado \_\_\_\_\_ e a propagação de energia térmica é feita de uma região para outra, por meio de \_\_\_\_\_ (**irradiação térmica/deslocamento de matéria**).”

6. Explique o que acontece à massa de ar frio que se encontra próxima da lâmpada, quando esta é acesa.

---

---

---

---

g. Monte o sistema, conforme figura ao lado.

h. Com a lâmpada desligada, meça a temperatura inicial indicada pelo termômetro. Anote o valor medido com a precisão de décimos de graus celsius.

$T_0 =$  \_\_\_\_\_

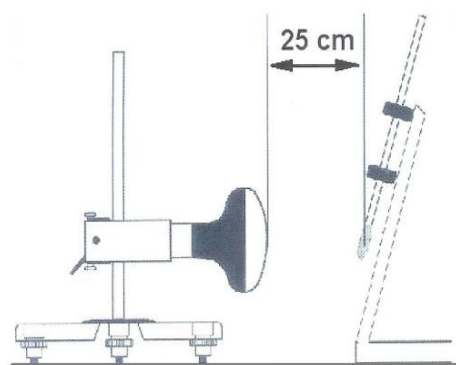
i. Acenda a lâmpada por cinco minutos (cronometrados).

**Obs.:** Quando aceso, o filamento da lâmpada se aquece muito e, como consequência, emite luz e calor. Toda essa energia se propagou pelo semi vácuo do interior da lâmpada e pelo ar em frente à mesma, até atingir o bulbo do termômetro.

j. Anote a temperatura final indicada no termômetro, com a precisão de décimos de graus celsius.

$T_F =$  \_\_\_\_\_

k. Desligue a lâmpada.



7. A variação de temperatura, comprovada pelas medidas com o termômetro, pode ser explicada pela condução ou convecção térmicas? Justifique.

---

---

---

---

8. A variação de temperatura, comprovada pelas medidas com o termômetro, pode ser explicada pela convecção térmica? Justifique.

---

---

---

---

9. As radiações emitidas pelo filamento da lâmpada precisam de um meio material para propagar-se? Justifique.

---

---

---

---

10. Complete as frases.

“Esse processo de propagação de calor é denominado \_\_\_\_\_ e a transferência de energia térmica é feita de uma região para outra, por meio de \_\_\_\_\_ (**ondas eletromagnéticas/deslocamento de matéria**), as quais podem se propagar, até mesmo, no \_\_\_\_\_.”

“A superfície espelhada, na parte traseira da lâmpada, serve para \_\_\_\_\_ (**refratar/refletir**) e direcionar a energia \_\_\_\_\_ e a energia \_\_\_\_\_ para a frente da lâmpada. “

11. Com relação aos processos de propagação de calor, explique:

a) por que sentimos a extremidade de um talher de metal aquecer, quando colocamos a outra extremidade dele em uma panela quente?

---

---

---

---

---

---

b) por que os aparelhos de ar-condicionado são instalados na parte superior dos ambientes, enquanto os aquecedores são instalados na parte inferior?

---

---

---

---

---

c) como a energia produzida pelo Sol aquece o Planeta Terra, se entre esses astros praticamente não há matéria?

---

---

---

---

---

## Experimento 4

# CALOR ESPECÍFICO

### Introdução

Suponha que certa porção de matéria recebeu calor e sofreu variação de temperatura, sem mudar de estado físico (fase). Se dividirmos a quantidade de calor recebida pelo produto entre a massa e a variação de temperatura dessa matéria, encontraremos uma importante grandeza física, denominada **calor específico** ( $c$ ), que é característico das substâncias, isto é, as substâncias podem ser identificadas por seus calores específicos.

Por exemplo, se o calor específico ( $c$ ) de um metal é de  $0,11 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ , significa que um grama desse metal sofrerá uma variação de temperatura de um grau celsius, se receber  $0,11$  caloria de energia térmica. Se compararmos esse valor com uma tabela de calores específicos, descobriremos que esse metal é o **aço**.

Convém lembrar que devemos utilizar um calorímetro, quando queremos estudar trocas de calor. A finalidade desse calorímetro é isolar, termicamente, os corpos em seu interior, isto é, o calorímetro evita os três processos de propagação de calor entre os corpos em seu interior e o ambiente externo. Também é importante lembrar que, geralmente, o calorímetro troca calor com as substâncias em seu interior. Por isso, é importante saber a capacidade térmica do calorímetro utilizado. A Capacidade Térmica ( $C$ ) representa a quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para que sua temperatura varie uma unidade.

Com este experimento, queremos calcular o calor específico de um pequeno bloco metálico e, a partir desse valor, tentar descobrir a substância que o constitui. Para tanto, vamos provocar uma troca de calor entre o bloco, a água e o calorímetro. Lembre-se de que o calor específico da água é muito grande, quando comparado ao do bloco. Isso significa que, mesmo que a água receba ou ceda uma grande quantidade de calor, sua variação de temperatura não será muito elevada. Por isso, não espere elevadas variações de temperatura para a água e, em todas as medições dessa grandeza, use a precisão de décimos de graus celsius.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Utilizar a equação de conservação de energia térmica para estudar as trocas de calor;
- Determinar a capacidade térmica de um calorímetro;
- Identificar o calor específico;
- Reconhecer que o calor específico é característico das substâncias;
- Calcular o calor específico de um bloco.

### Materiais Necessários

- Balança digital;
- Calorímetro;
- Termômetro;
- Calculadora;
- Béquer de 250ml;
- Balão de fundo chato de 100ml;

- Perfil universal com garra;
- Pisseta com água;
- Bico de Bunsen;
- Tripé com tela de amianto;
- Bloco de metal;
- Pinça.

## Procedimentos

**Obs.:** Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes.

### Determinando a Capacidade Térmica do Calorímetro

- l) Meça, com auxílio de um béquer, 50 mL de água morna, à temperatura ambiente, e transfira para o calorímetro.
  - m) Tampe o calorímetro e, cuidadosamente, introduza o bulbo do termômetro no interior da garrafa, através do orifício da tampa.
13. Espere cerca de 2,0min para que o sistema, formado pelo calorímetro e a água, atinja o equilíbrio térmico e meça a temperatura inicial ( $T_0$ ) desse sistema.

$$T_0 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- n) Meça mais 50mL de água no béquer e transfira para o balão de fundo chato.
  - o) Prenda o balão de fundo chato à garra do perfil universal e posicione-o sobre a chama do bico de bunsen.
  - p) Acenda o bico de bunsen e observe o sistema, até que a água ferva.
14. Meça e anote a temperatura ( $T_1$ ) de ebulição da água.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- q) Rapidamente, retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, despeje a água fervente no calorímetro, tampando-o em seguida.
  - r) Apague a chama do bico de bunsen.
15. Espere o novo sistema entrar em equilíbrio térmico, meça e anote a temperatura final ( $T_2$ ) do conjunto.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Obs.:** Não jogue fora a água do calorímetro e mantenha-o fechado.

16. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g · °C), determine a capacidade térmica do calorímetro, usando os valores medidos. Considere que só tenha ocorrido trocas de calor entre a água morna, a água quente e o calorímetro.

Cálculos:

### Determinando o Calor Específico do Bloco Metálico

17. Usando a balança, meça a massa do bloco metálico, em gramas.

$$M_c = \underline{\hspace{2cm}}$$

- s) Coloque mais 50mL de água e o bloco metálico no interior do béquer.
- t) Acenda o bico de Bunsen e posicione o tripé com a tela de amianto sobre a chama.
- u) Coloque o béquer, com a água e o bloco, na tela de amianto e aqueça-os, até que a água entre em ebulição.

18. Quando a água ferver, meça e anote a temperatura ( $T_3$ ) do conjunto água e bloco.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

19. Meça e anote, novamente, a temperatura ( $T_4$ ) da água que está no calorímetro. Ela pode ter sofrido uma leve variação de temperatura, desde a medida anterior.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- v) Usando a pinça, retire apenas o bloco metálico de dentro do béquer e coloque-o, rapidamente, no calorímetro. Tampe o calorímetro e agite levemente para que o novo conjunto entre em equilíbrio térmico.

20. Meça e anote a nova temperatura final ( $T_5$ ) de equilíbrio térmico.

$$T_5 = \underline{\hspace{2cm}}$$

21. Considerando apenas as trocas de calor que ocorreram no interior do calorímetro, descreva quem cedeu e quem recebeu energia, até atingir o equilíbrio térmico, na nova troca de calor ocorrida no interior do calorímetro.

---

---

---

22. Utilizando os valores medidos na nova troca de calor ocorrida no calorímetro, determine o calor específico do bloco metálico.

Cálculos:

**Obs.:** na tabela abaixo há alguns valores de calores específicos.

SUBSTÂNCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g · °C)
Alumínio	0,219
Ferro	0,119
Cobre	0,093
Chumbo	0,031

23. Analisando os valores da tabela anterior, identifique o tipo de substância que compõe o bloco.

---

24. Cite pelo menos dois fatores que justifiquem a possível diferença entre os calores específicos: calculado e tabelado.

---

---

---

---

---

## Experimento 5

# PRESSÃO E TEMPERATURA

### Introdução

Analisando o mundo ao nosso redor, percebemos que a matéria pode se apresentar, segundo a Física Clássica, em três modos distintos, denominados estados físicos ou fases: sólido, líquido e gasoso. Sob condições adequadas de temperatura e pressão, as substâncias podem se apresentar em qualquer uma das três fases, inclusive, em mudança de estado.

A influência da pressão sobre as temperaturas de mudança de estado está relacionada com as alterações de volume que sempre ocorrem nas transições de fase. De uma maneira geral, pode-se estabelecer:

- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume aumenta, será dificultada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais elevada;**
- ⇒ **Toda mudança de fase, na qual o volume diminui, será facilitada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais baixa.**

Por exemplo, quando a água vaporiza, seu volume aumenta. Então, se a água sofrer um aumento de pressão, a vaporização só ocorrerá em temperaturas mais elevadas. Por isso, os alimentos cozinham mais rápido nas panelas de pressão, porque ficam submetidos a temperaturas mais altas, por causa do acréscimo da pressão, imposto pelo acúmulo do vapor, no interior da própria panela.

Por outro lado, quando a água (gelo) se funde, seu volume diminui. Então, se o gelo sofre um aumento de pressão, a fusão será facilitada, ocorrendo em temperaturas mais baixas. Por causa disso é que os patinadores têm facilidade de escorregar no sobre o gelo. O acréscimo de pressão que as lâminas dos patins exercem sobre o gelo faz com que ele derreta, facilitando o escorregamento. É importante frisar que, logo após a passagem do patinador, a pressão retorna ao valor inicial e a água derretida volta a solidificar-se.

Neste experimento, queremos estudar a influência da pressão sobre a temperatura de mudança de estado, estabelecendo suas relações.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Reconhecer que a pressão interfere na temperatura de mudança de estado físico;
- Constatar as relações de dependência entre pressão e temperatura de mudança de fase.

### Materiais Necessários

- Bloco de gelo;
- Fio de aço fino com discos em suas extremidades;
- Termômetro;
- Apoios de madeira;
- Pisseta com água;
- Balão volumétrico pequeno (ou tubo de ensaio), com tampa;
- Béquero que caiba o balão volumétrico ou tubo de ensaio;

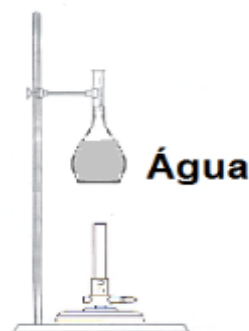




- Haste universal com garra metálica;
- Bico de Bunsen.

### Procedimentos

- i. Coloque o bloco de gelo sobre os apoios de madeira e passe o fino fio de aço com os discos por sobre ele, conforme figura. Deixe esse sistema de lado e, no final do experimento, retome-o e analise o que ocorreu.
- j. Usando a pisseta, coloque um pouco de água no balão volumétrico (ou tubo de ensaio).
- k. Prenda o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) na garra da haste universal.
- l. Acenda o bico de Bunsen.
- m. Sem tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), leve-o ao fogo até que a água entre em ebulição, conforme figura.



10. Meça a temperatura de ebulição da água.

$$T_e = \underline{\hspace{2cm}}$$

- n. Após a medição da temperatura, tampe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) e apague, imediatamente, a chama do bico de bunsen.

**Obs.:** Note que, ao tampar o balão volumétrico (ou tubo de ensaio), a água para, imediatamente, de ferver.

- o. Coloque um pouco de água, à temperatura ambiente, no béquer;
- p. Retire a garra da haste universal e, com muito cuidado, mergulhe o balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado, na água que está no béquer e observe o que ocorre.



11. Em cidades litorâneas, a água ferve a 100°C. Por que isso não ocorre em Brasília?

---

---

---

12. Explique o motivo pelo qual a água contida no balão volumétrico (ou tubo de ensaio) tampado volta a entrar em ebulição, quando mergulhada em água à temperatura ambiente.

---

---

---

---

13. Quando diminuimos a pressão sobre a água, o que acontece com a temperatura de ebulição dessa substância? Justifique.

---

---

---

---

14. Observe o bloco de gelo e o fio com os discos, usados no início do experimento, e descreva o que ocorreu com eles.

---

---

---

15. Explique o ocorrido, em função da variação de pressão, exercida pelo fio, sobre o bloco de gelo.

---

---

---

16. Se o fio atravessou o gelo, por que esse gelo não se partiu?

---

---

---

---

17. Quando aumentamos a pressão sobre o gelo, o que acontece com a temperatura de fusão dessa substância? Justifique.

---

---

---

18. A partir das relações entre as alterações de pressões e as correspondentes variações nas temperaturas de mudança de estado físico, responda:

i. o que aconteceria com um líquido, contido em um recipiente, se a pressão a que estiver submetido for diminuída drasticamente? Justifique.

---

---

---

---

ii. O acúmulo de neve, no alto das montanhas, pode provocar avalanches. Pensando em termos da variação de pressão, como poderíamos justificar esse fato?

---

---

---

---

## Experimento 6

# CALOR LATENTE

### Introdução

Imagine um recipiente que contenha gelo, inicialmente a 0°C, sob pressão de 1,0 atm. Se colocarmos esse sistema em presença de uma fonte de calor, notaremos que, com o passar do tempo, o gelo se transforma em água líquida, mas a temperatura do sistema, durante essa mudança de fase, permanece constante. Assim, o sistema recebe calor da fonte, mas a sua temperatura não varia.

Para que o gelo se funda, precisa receber, por grama, uma quantidade fixa de calor. Essa quantidade de energia térmica é denominada calor latente de fusão do gelo. Por exemplo, quando se diz que o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, quer-se dizer que cada grama de gelo, na temperatura de fusão, precisa receber 80 calorias de calor para fundir-se.

Convém lembrar que devemos utilizar um calorímetro, quando queremos estudar trocas de calor. A finalidade desse calorímetro é isolar, termicamente, os corpos em seu interior, isto é, o calorímetro evita os três processos de propagação de calor entre os corpos em seu interior e o ambiente externo. Também é importante lembrar que, geralmente, o calorímetro troca calor com as substâncias em seu interior. Por isso, é importante saber a capacidade térmica do calorímetro utilizado.

Nesse experimento, desenvolveremos um método para determinar o calor latente de fusão do gelo.

### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Determinar a capacidade térmica de um calorímetro;
- Utilizar a equação de conservação de energia térmica para estudar as trocas de calor;
- Determinar o calor latente de fusão do gelo.

### Materiais Necessários

- Calorímetro;
- Termômetro;
- Balança;
- Gelo picado;
- Tripé com tela de amianto;
- Bico de Bunsen;
- Pinça (ou pegador);
- Calculadora;
- 02 Béqueres;
- Pisseta com água.

### Procedimentos

**Obs.:** Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível, mas com muito cuidado, a fim de minimizar erros experimentais e de evitar acidentes.

### Determinando a Capacidade Térmica do Calorímetro

- a. Meça, com auxílio de um béquer, 50 mL de água morna, à temperatura ambiente, e transfira para o calorímetro.
  - b. Tampe o calorímetro e, cuidadosamente, introduza o bulbo do termômetro nesse recipiente, através do orifício da tampa.
1. Espere cerca de 2,0min para que o sistema formado pelo calorímetro e a água atinja o equilíbrio térmico e meça a temperatura inicial ( $T_o$ ) desse sistema.

$$T_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c. Acenda o bico de bunsen e posicione o tripé com a tela de amianto.
  - d. Meça mais 100mL de água no béquer e coloque-o na tela de amianto, para que a água ferva.
2. Meça a temperatura ( $T_1$ ) de ebulição da água.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- e. Rapidamente, mas com muito cuidado, despeje a água fervente no calorímetro, tampando-o em seguida.
  - f. Apague a chama do bico de bunsen.
3. Espere o novo sistema entrar em equilíbrio térmico e meça a temperatura final ( $T_2$ ) do conjunto.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Obs.:** Não jogue fora a água do calorímetro e mantenha-o fechado.

4. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g • °C), determine, na folha de respostas, a capacidade térmica do calorímetro, usando os valores medidos. Considere que só tenha ocorrido trocas de calor entre a água morna, a água quente e o calorímetro.

Cálculos:

### Determinando o Calor Latente de Fusão do Gelo

- g. Coloque o béquer vazio na balança digital e “tare” essa balança, incluindo a massa do béquer.
5. Com auxílio da pinça, coloque uma porção de gelo picado fundente (à temperatura de fusão) no béquer e meça a massa dessa quantidade. Somente **gelo** deve ser colocado no béquer.

$$m = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Obs.:** Suponha que a temperatura de fusão do gelo, aqui no laboratório, seja de 0°C.

6. Meça, novamente, a temperatura ( $T_3$ ) da água contida no calorímetro. Ela pode ter sofrido uma leve variação de temperatura.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- h. Adicione a porção de gelo picado fundente, que está no béquer, na água contida no calorímetro e volte a tampá-lo.

7. Agite, levemente, o calorímetro, para que o novo conjunto entre em equilíbrio térmico. Meça a temperatura final ( $T_4$ ) do novo conjunto.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

8. Considerando apenas as trocas de calor que ocorreram no interior do calorímetro, descreva quem cedeu e quem recebeu energia, até atingir o equilíbrio térmico, na nova troca de calor ocorrida no interior do calorímetro.

---

---

---

9. Utilizando os valores medidos, determine o calor latente de fusão do gelo.

<p>Cálculos:</p>
------------------

10. Sabendo que o valor tabelado para o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, cite pelo menos três motivos que justifiquem a possível diferença encontrada.

---

---

---

---

---

---

## Experimento 7

# ENERGIA ALIMENTAR

### Introdução

Dietas recomendam que a quantidade de energia que uma pessoa adulta deve ingerir – na forma de alimentos – é de aproximadamente 2500kcal, por dia. Essa quantidade de energia é usada para manter nosso organismo em funcionamento (como coração, pulmões e os demais órgãos internos) e, também, para fornecer alguma capacidade de trabalho externo.

A **energia alimentar**, **valor energético** ou **valor calórico** de um alimento, que representam a quantidade de energia que o alimento nos fornece se for ingerido, é determinado pela medição da quantidade de energia liberada na queima (combustão) desse alimento. Neste trabalho, apresentaremos dois métodos para se determinar o conteúdo calórico de alimentos, utilizando materiais simples de laboratório. No desenvolvimento da prática, utilizaremos o amendoim, que é rico em óleo vegetal e, portanto, altamente combustível.

É importante frisar que o valor energético dos alimentos, registrados nas embalagens, geralmente é expresso em calorias alimentares, cujo símbolo é Cal (com C maiúsculo). Não confunda a caloria alimentar (Cal) com a caloria (cal). Para essas unidades de medida valem a correspondência: 1,0Cal = 1,0kcal.

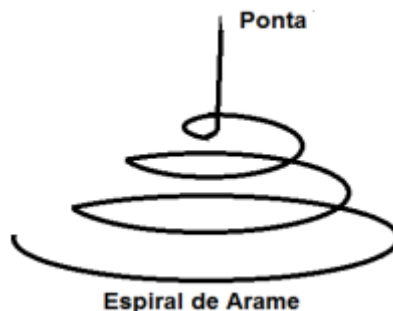
### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Determinar a energia alimentar, valor energético ou valor calórico de um alimento;
- Utilizar as equações da quantidade de calor para se determinar o valor calórico de um alimento.

### Materiais Necessários

- Amendoim;
- Arame em forma de espiral;
- Caixa de fósforos;
- Pisseta com água;
- 2 Tubos de ensaio;
- Proveta;
- Termômetro
- Suporte com garra;
- Pinça;
- Pedacos de gelo fundente;
- Balança digital;
- Calculadora.



### Procedimentos

**Obs.:** Todas as atividades desse experimento devem ser realizadas o mais rápido possível a fim de minimizar erros experimentais, mas com muito cuidado para evitar acidentes.

### Primeiro Método

- a. Coloque o arame em forma de espiral na balança e “tare-a”.
  - b. Fixe um amendoim na ponta da espiral de arame.
1. Meça, em gramas, a massa inicial ( $m_1$ ) do amendoim.

$$m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- c. Prenda um tubo de ensaio na garra do suporte;
  - d. Utilizando a proveta, meça 30ml de água e transfira-a para o tubo de ensaio.
2. Meça a temperatura inicial ( $T_1$ ) da água contida no tubo de ensaio.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- e. Incendeie o amendoim e posicione-o sob o tubo de ensaio.
3. Imediatamente após o amendoim se apagar, meça a temperatura final ( $T_2$ ) da água.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Meça, em gramas, a massa final ( $m_2$ ) do amendoim. Lembrete: o arame, também, deve ser colocado na balança, mas cuidado! Ele pode estar quente.

$$m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Sabendo que a densidade e o calor específico da água líquida são respectivamente iguais a 1,0g/mL e 1,0cal/(g·°C), determine a quantidade de calor que a água recebeu da

Cálculos:

combustão do amendoim.

6. Calcule, em gramas, a variação de massa ( $\Delta m_1$ ) do amendoim. Esse valor representa a massa de amendoim que, efetivamente, sofreu combustão.

$$\Delta m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Supondo que todo o calor liberado na queima do amendoim foi absorvido pela água, calcule a quantidade de calor média liberada por cada grama de amendoim queimado.

Cálculos:



### Segundo Método

- f. Fixe outro amendoim na ponta da espiral de arame.
8. Meça, em gramas, a massa inicial ( $m_3$ ) do novo amendoim.
- $m_3 =$  \_\_\_\_\_
- g. Prenda o outro tubo de ensaio na garra do suporte. Esse tubo de ensaio deve estar completamente seco e limpo.
- h. Usando a pinça, coloque pedaços de gelo fundente no tubo de ensaio, até cerca de metade de seu volume total. Fique atento para não adicionar água líquida ao tubo.
- i. Posicione o amendoim sob o tubo de ensaio fixado na garra do suporte e incendeie-o.
- j. Monitore a queima do amendoim, a fim de evitar que a temperatura da água no tubo de ensaio aumente. Se necessário, coloque novos blocos de gelo no tubo.
- k. Imediatamente após o amendoim se apagar, derrame, cuidadosamente, toda a água líquida derretida para a proveta. Fique atento para não adicionar gelo à proveta.
9. Meça, em gramas, a massa final ( $m_4$ ) do amendoim. Lembrete: o arame, também, deve ser colocado na balança, mas cuidado! Ele pode estar quente.

$m_4 =$  \_\_\_\_\_

- l. “Tare” a balança, após retirar todos os objetos de cima dela.
10. Meça, em gramas, a massa de água obtida pelo derretimento do gelo. Para fazer essa atividade, primeiro meça a massa do conjunto (água e proveta). Em seguida, derrame toda água na pia e meça a massa da proveta. A diferença entre as medidas anteriores é o valor correto a massa ( $m$ ) de água obtida pelo derretimento do gelo.

$m =$  \_\_\_\_\_

11. Sabendo que o calor latente de fusão do gelo é 80cal/g, determine a quantidade de calor que a água recebeu da combustão do amendoim.

Cálculos:

12. Calcule, em gramas, a variação de massa ( $\Delta m_2$ ) do amendoim. Esse valor representa a massa de amendoim que, efetivamente, sofreu combustão.

$\Delta m_2 =$  \_\_\_\_\_

13. Supondo que todo o calor liberado na queima do amendoim foi absorvido pela água, calcule a nova quantidade de calor média liberada por grama de amendoim queimado.

Cálculos:

14. Sabendo que o valor energético do amendoim, registrado nas embalagens do produto é cerca de 5,8kcal/g e comparando as quantidades médias calculadas, nos dois processos anteriores, para as quantidades de calor liberadas por grama de amendoim queimado, cite pelo menos dois fatores que justifiquem as possíveis diferenças encontradas.

---

---

---

---

---

15. Lembrando que dietas recomendam, para uma pessoa adulta, uma quantidade energética de 2500kcal por dia, determine a massa de amendoim que um adulto precisa consumir para suprir a quantidade energética recomendada. Em seus cálculos, use o valor médio da quantidade de calor liberada por grama de amendoim queimado, determinado no segundo método.

Cálculos:

## Experimento 8

### UMIDADE RELATIVA DO AR

#### Introdução

A pressão atmosférica é a soma das pressões exercidas por todos os elementos (nitrogênio, oxigênio, gás carbônico, argônio, criptônio, hélio, neônio, radônio, xenônio e água) presentes no ar. A pressão que cada um desses elementos exerce isoladamente é denominada pressão parcial. A pressão parcial ( $f$ ) que o vapor d'água exerce é, em geral, muito baixa, além de depender da temperatura e da velocidade do vento.

Dizemos que o ar está saturado de vapor d'água quando o vapor existe em quantidade tal que esteja exercendo a pressão máxima de vapor ( $F$ ), isto é, a concentração de vapor d'água é tão grande que, a qualquer instante, pode ocorrer sua condensação.

A pressão máxima  $F$  do vapor de água cresce com a temperatura e a tabela ao lado, obtida experimentalmente, mostra como ocorre esta variação, entre 10°C e 30°C.

Definimos a umidade relativa ou grau higrométrico ( $H$ ) do ar pela relação:

$$H = \frac{f}{F}$$

Frequentemente, a umidade relativa é expressa em porcentagem e, para tanto, basta multiplicar a relação anterior por 100%. Se o ambiente estiver saturado ( $f = F$ ), a umidade relativa do ar vale 100% e, neste caso, o vapor começa a condensar.

Com este experimento, queremos determinar a umidade relativa do ar, por dois métodos distintos.

#### Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Reconhecer a pressão máxima de vapor d'água, bem como a pressão parcial do vapor d'água;
- Analisar a relação entre a pressão máxima de vapor d'água e a temperatura ambiente;
- Determinar a umidade relativa do ar.

#### Materiais Necessários

- Copo metálico;
- Termômetro;
- Mistura de gelo picado e água;
- Algodão umedecido em álcool;
- Pisseta, com água à temperatura ambiente;
- Calculadora.

PRESSÃO MÁXIMA DE VAPOR DA ÁGUA	
Temperatura (°C)	Pressão (mmHg)
10,0	9,6
11,0	9,8
12,0	10,5
13,0	11,2
14,0	12,0
15,0	12,8
16,0	13,6
17,0	14,5
18,0	15,5
19,0	16,5
20,0	17,6
21,0	18,7
22,0	19,8
23,0	21,1
24,0	22,4
25,0	23,8
26,0	25,2
27,0	26,8
28,0	28,4
29,0	30,1
30,0	31,8

## Procedimentos

### 1º Método de Determinação da Umidade Relativa do Ar

1. Meça a temperatura ( $T_1$ ) do ar ambiente.

$$T_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- a. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, citada anteriormente, determine a pressão máxima de vapor ( $F_1$ ) d'água no ar, correspondente à temperatura ambiente.

2. Anote a pressão máxima ( $F_1$ ) de vapor d'água no ar, correspondente à temperatura ambiente.

$$F_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- b. Usando a pisseta, coloque um pouco de água, à temperatura ambiente, dentro do copo metálico, até cerca de um quarto da capacidade dele.
- c. Coloque o termômetro no interior do copo com água.
- d. Lentamente, adicione o gelo picado à água do copo, a fim de que a temperatura do sistema decresça gradualmente, até que a superfície externa do recipiente se torne embaçada, em virtude da condensação do vapor d'água existente no ar. A temperatura em que isso acontece é denominada ponto de orvalho.

3. Meça e anote a temperatura ( $T_2$ ) do ponto de orvalho.

$$T_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Por que o vapor d'água existente no ar se condensou, quando o sistema atingiu a temperatura do ponto de orvalho?

---

---

---

---

- e. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a pressão parcial ( $f_1$ ) de vapor d'água, correspondente à temperatura do ponto de orvalho.

5. Anote a pressão parcial ( $f_1$ ) de vapor d'água, correspondente à temperatura do ponto de orvalho.

$$f_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Calcule, em porcentagem, a umidade relativa ( $H_1$ ) do ar.

$$H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Qual o significado físico do resultado anterior?

---

---

---

---

---

## 2º Método de Determinação da Umidade Relativa do Ar

8. Meça, novamente, a temperatura ( $T_3$ ) do ar ambiente. Ela pode ter alterado, com o passar do tempo.

$$T_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a nova pressão máxima ( $F_2$ ) de vapor d'água no ar, correspondente à nova temperatura ambiente.

$$F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

- f. Envolve o bulbo do termômetro com um algodão umedecido em álcool e deixe-o em repouso durante alguns minutos, observando o que acontece.

10. Por que a leitura da temperatura medida no termômetro começou a diminuir?

---

---

---

---

11. Quando a altura da coluna líquida do termômetro estabilizar, Meça a nova temperatura ( $T_4$ ) indicada pelo termômetro, com o bulbo úmido.

$$T_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

12. Utilizando a tabela de pressão máxima de vapor, determine a nova pressão parcial ( $f_2$ ) de vapor d'água, correspondente à temperatura medida com o bulbo úmido.

$$f_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

13. Calcule, em porcentagem, a nova umidade relativa ( $H_2$ ) do ar.

$$H_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Obs.:** Aparelhos que medem a umidade relativa do ar são denominados higrômetros.

14. Compare os valores calculados para a umidade relativa do ar,  $H_1$  e  $H_2$ , e cite pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença encontrada.

---

---

---

---

15. Sobre umidade relativa do ar, responda:

- i. O que significa, fisicamente, uma umidade relativa do ar igual a 30%?

---

---

---

---

ii. O que acontece quando a pressão parcial do vapor d'água se iguala à pressão máxima de vapor?

---

---

---

---

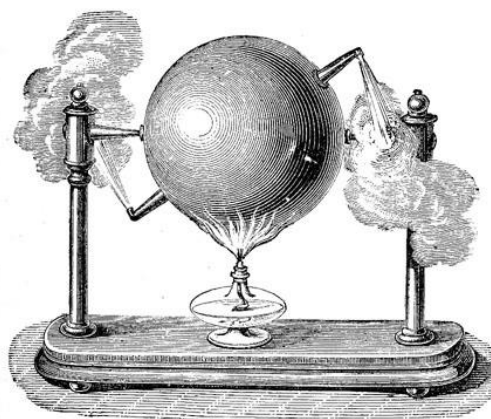
## Experimento 9

# MÁQUINAS TÉRMICAS

### Introdução

Máquinas térmicas ou motores térmicos são dispositivos capazes de converter, continuamente, energia térmica em energia mecânica.

O primeiro dispositivo que utilizava esse mesmo princípio de funcionamento foi a máquina de Heron, no século I d.C., esquematizada na figura ao lado. Essa máquina tinha o objetivo de divertir as pessoas. Era constituída por um recipiente fechado, exceto por duas saídas posicionadas de tal forma que permitem a saída do vapor do líquido, quando este está em ebulição. A pressão do vapor gera uma força no braço do recipiente, fazendo com que este rotacione.



Em 1698, o engenheiro militar, Capitão Thomas Savery criou a primeira máquina com utilidade prática. Era usada como bomba d'água para retirar água das profundas minas, que eram constantemente inundadas.

Posteriormente, por volta de 1712, o inglês Thomas Newcomen aperfeiçoou a máquina de Savery, a qual passou a ser utilizada, também, para elevar cargas. Além de funcionar bem, tinha construção simples e não envolvia técnicas especiais ou caras.

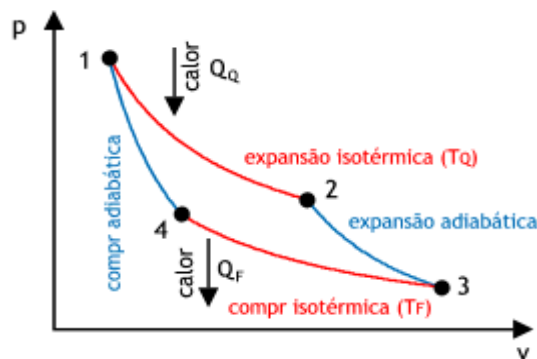
No entanto, as máquinas térmicas só obtiveram destaque quando James Watt, em 1763, criou uma máquina que possuía maior eficiência do que as que eram até então conhecidas. Assim, elas passaram a ser utilizadas na indústria e em larga escala, o que contribuiu para a Revolução Industrial.

Hoje em dia, estamos cercados por elas! Carros, navios e aviões, aparelhos de ar condicionado e usinas termoelétricas são apenas alguns exemplos dispositivos ou aparelhos que funcionam a base de máquinas térmicas.

Analisando essas máquinas, verificamos que existem alguns aspectos comuns ao funcionamento de todas elas. Sempre usam algum material, em geral um fluido, que se aquece e se expande, para realizar o trabalho mecânico. Como esse processo precisa ser repetido diversas vezes, esse tipo de máquina opera com algum tipo de transformação cíclica, isto é, o fluido sofre uma sequência de processos térmicos (como expansão, aquecimento ou compressão), que se repetem periodicamente, sempre retornando às condições iniciais.

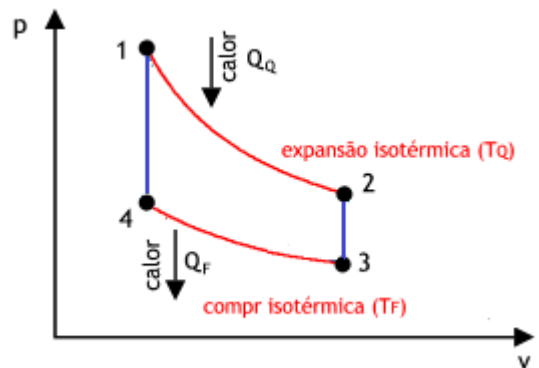
Há vários tipos de ciclos termodinâmicos e muitos deles descrevem, de forma idealizada, o funcionamento de vários motores térmicos que encontramos a nossa volta. Por exemplo, motores que funcionam segundo o ciclo conhecido como ciclo Otto equipam a maioria dos atuais automóveis de passeio.

Teoricamente, a máquina térmica mais eficiente possível é uma máquina que opera com



um ciclo termodinâmico reversível, conhecido como Ciclo de Carnot. O diagrama pressão versus volume, representado ao lado, ilustra esse ciclo, que é formado por duas transformações isotermas, intercaladas por duas transformações adiabáticas. Nenhuma outra máquina térmica, trabalhando nas mesmas temperaturas das transformações isotérmicas desse ciclo, pode ter rendimento maior do que o do ciclo de Carnot. Por ser reversível, o rendimento do ciclo de Carnot não depende das propriedades do fluido que executa o ciclo.

Uma máquina térmica de fácil montagem e que tem rendimento igual ao de um ciclo de Carnot é a máquina que opera segundo o ciclo de Stirling, proposto pelo pastor escocês Robert Stirling, em 1816. O diagrama pressão versus volume, ao lado, mostra o ciclo de funcionamento dessa máquina, composto por uma compressão e uma expansão isotérmicas, intercaladas por um aquecimento e um resfriamento, ambos a volume constante. O motor Stirling surpreende por sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras, em diferentes temperaturas, que aquecem e arrefecem um fluido de forma alternada, provocando expansões e contrações cíclicas, o que faz movimentar dois êmbolos ligados a um eixo comum.



Todas as máquinas térmicas citadas funcionam a partir de uma reação química de combustão e, por isso, podem ser classificadas em dois grupos:

- ✓ Motores de combustão interna – que são máquinas térmicas nas quais o calor recebido pelo ciclo tem origem em uma reação química de combustão, que ocorre dentro do motor. Eles utilizam os próprios gases resultantes da combustão como fluido de trabalho;
- ✓ Motores de combustão externa – que são máquinas térmicas nas quais o processo de combustão ocorre fora do motor, esquentando outro fluido que está dentro da máquina, o qual realiza o ciclo.

Por exemplo, o ciclo Otto, que descreve o funcionamento da maioria dos atuais automóveis de passeio, é um motor de combustão interna, onde a ignição do combustível é causada por uma faísca elétrica, no interior do motor. No entanto, as máquinas a vapor (como a máquina de Heron, citada anteriormente) são motores de combustão externa, pois a combustão, que ocorre fora do motor, aquece outro fluido, contido no interior desse motor, o qual realiza o ciclo e converte calor em trabalho.

Esquemáticamente, todas as máquinas térmicas podem ser representadas pelo esquema da figura ao lado, o qual indica que, **para funcionar, a máquina térmica precisa receber certa quantidade de calor de uma fonte térmica quente. Parte dessa energia recebida é convertida em trabalho e, o restante, é rejeitada para uma fonte térmica fria.**





Neste experimento, será abordado assuntos relacionados ao funcionamento das máquinas térmicas. Para tanto, apresentaremos uma réplica da máquina de Heron e construiremos uma máquina de Stirling.

## Objetivos

Após esta atividade, o aluno deverá ser capaz de:

- Compreender o funcionamento das máquinas térmicas;
- Diferenciar o funcionamento dos motores à combustão interna e externa;
- Conhecer e analisar a máquina de Heron;
- Conhecer e analisar a máquina de Stirling.

## Materiais Necessários

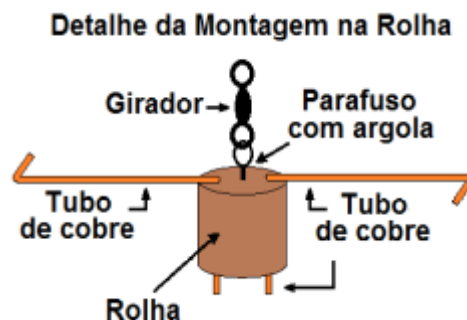
- Perfil universal;
- Balão de fundo chato com rolha;
- 2 tubos de cobre fino (usado em refrigeração), com cerca de 15 cm cada;
- Fio de nylon, com cerca de 40cm;
- Pequeno parafuso com argola;
- Girador, usado em pesca;
- Lamparina;
- 3 latas de refrigerante de mesmo tamanho e vazias;
- 3 ou 4 discos compactos (CD) velhos;
- Joelho de PVC, 20 mm;
- Cola epóxi;
- Arame galvanizado;
- Tesoura e estilete;
- Balão;
- Fita adesiva;
- Palha de aço;
- 1 prego pequeno;
- Alicates e martelo;
- 2 espetinhos de madeira (ou canudinhos plásticos resistentes);
- Vela pequena e fósforos.

## Procedimentos

### Réplica da Máquina de Heron

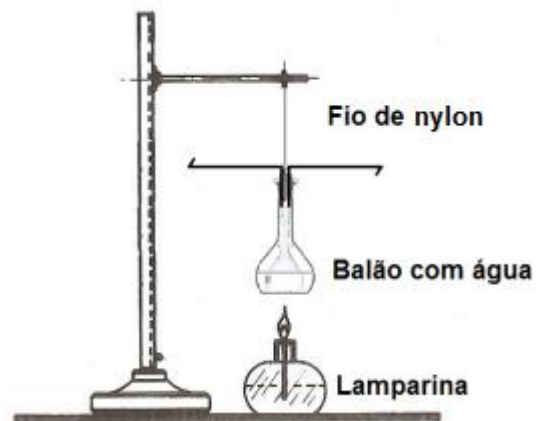
- a. Analise a montagem da rolha do balão de fundo chato. Observe que finos tubos de cobre foram retorcidos e encaixados na rolha, de forma a atravessá-la, conforme a figura ao lado. Observe, também, a montagem do parafuso com o girador.

**Obs.:** Para aumentar a eficiência e a estabilidade do equipamento que iremos montar, basta adaptar 4



tubos de cobre (ao invés de dois), de forma que, vendo a rolha por cima, os tubos de cobre formem uma espécie de cruz, parecida com o símbolo da suástica.

- b. Verifique se os tubos de cobre, encaixados na rolha, não estão entupidos. Se estiverem, desentope-os.
- c. Coloque um pouco de água no interior do balão de fundo chato.
- d. Encaixe a rolha no balão de fundo chato, de forma que fique bem preso.
- e. Utilizando o fio de cobre, prenda o conjunto (formado pela rolha e o balão de fundo chato) na haste do perfil universal, de forma que fique suspenso.
- f. Acenda a lamparina e posicione-a abaixo do balão de fundo chato, conforme mostra a figura.

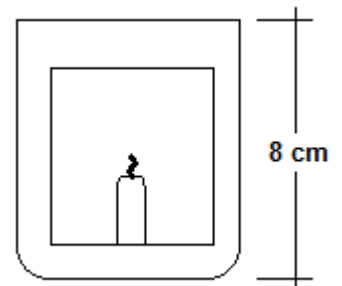


**Cuidado! Não deixe o sistema aquecer muito, pois a rolha pode se soltar ou o balão pode explodir, respingando água quente para todos os lados.**

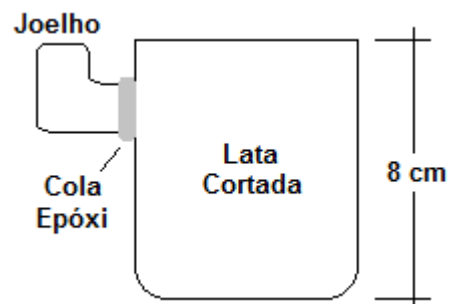
- g. Analise o funcionamento da réplica da máquina de Heron.

#### Máquina de Stirling

- h. Usando o estilete, corte a primeira lata com 8 centímetros de altura e faça uma janelinha lateral, conforme a figura.
- i. Fixe, no centro da base da lata cortada, a vela pequena.
- j. Usando o estilete, corte a segunda lata com 8 centímetros de altura.

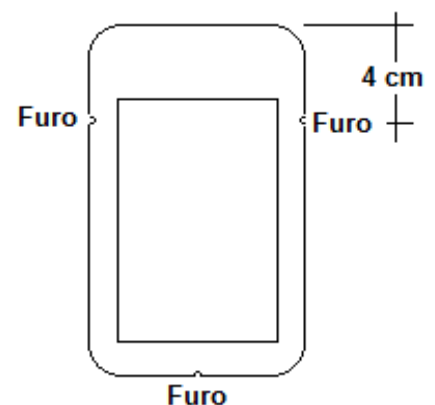


- k. Usando a cola epóxi, cole o Joelho de PVC na lateral da lata, conforme mostra a figura. Cuide para que a borda do Joelho coincida com a borda da lata cortada.



**Obs.:** Como a cola demora cerca de 3 horas para secar e endurecer, essa etapa foi realizada anteriormente.

- l. Com a chave de fenda, faça um furo na segunda lata cortada, no sentido de dentro para fora da lata, estabelecendo a comunicação entre a lata e o Joelho de PVC. Em seguida, encaixe a segunda lata na extremidade superior da primeira lata.
- m. Usando o prego pequeno, faça três furos na terceira lata: um exatamente no centro da base e os outros dois nas laterais da lata, cerca de 4 centímetros do topo da mesma. Os diâmetros dos três furos devem ser ligeiramente maior do que o diâmetro do arame

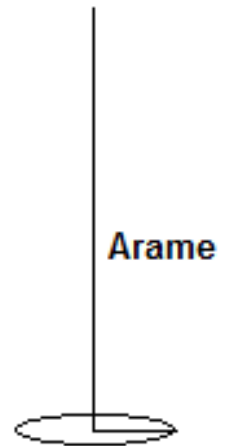


galvanizado (isso evita escapamento do fluido) e devem estar sobre um mesmo plano vertical, que passas pelo centro da base da lata.

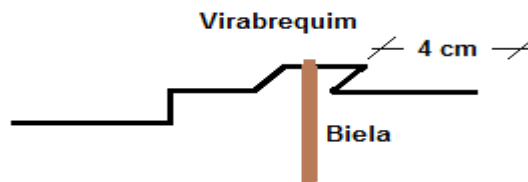
- n. Usando o estilete, faça uma janelinha na lateral da lata, conforme mostra a figura.
- o. Corte cerca de 30 cm de arame galvanizado. Em seguida, faça uma pequena circunferência, com raio de 2 cm, em uma das extremidades desse arame, conforme mostra a figura.
- p. Passe a extremidade reta do arame pelo centro da palha de aço, apoiando-a na pequena circunferência da extremidade oposta do arame. Em seguida, faça um novo círculo, também com raio de 2 cm, acima da palha de aço.

Obs.: A palha de aço precisa ficar presa, mas não pode ficar muito compactada.

- q. Amasse as pontas da palha de aço, formando um círculo que se move perfeitamente, e com pouca folga, no interior da segunda lata. A partir de agora, essa parte será denominada pistão.
- r. Corte dois pedaços no espetinho de madeira, com 5 e 10 centímetros respectivamente. Em seguida, utilizando o prego, faça um furo em cada extremidade dos pedacinhos de madeira. A partir desse ponto, essas madeiras serão denominadas bielas.



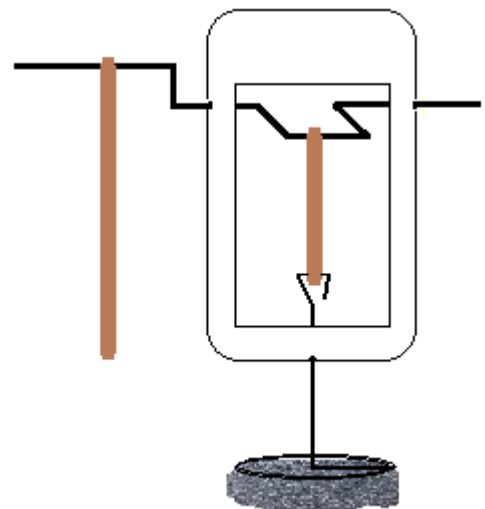
- s. Corte cerca de 25 cm de arame galvanizado e faça o virabrequim do motor, usando a biela menor, conforme mostra a figura.



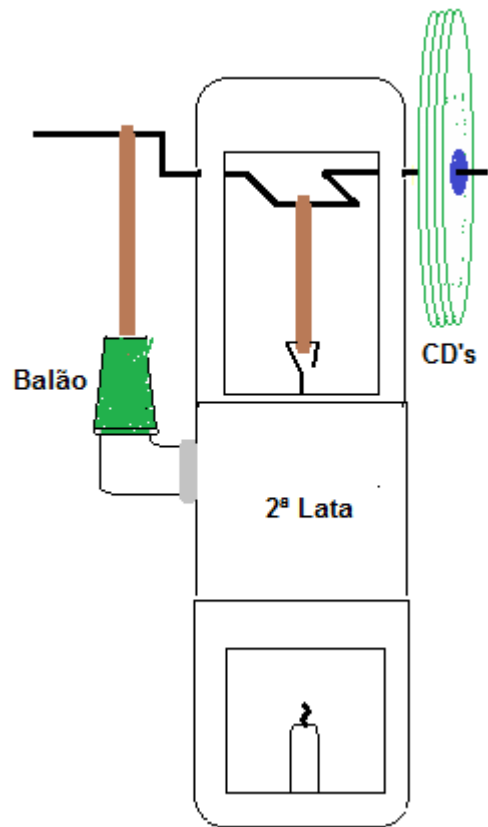
- t. Passe as extremidades do virabrequim pelos furos laterais da terceira lata. Em seguida, passe o eixo do pistão pelo furo inferior da lata e encaixe-o na biela, conforme mostra a figura. Encaixe, também, a biela maior na extremidade do virabrequim.

Obs.: Verifique se o virabrequim gira com facilidade (sem atrito). Se necessário, faça ajustes para minimizar os atritos.

- u. Coloque o pistão no interior da segunda lata e encaixe a terceira lata na extremidade superior da segunda lata. Use a fita adesiva para vedar possível vazamento de ar entre essas latas.



- v. Corte a extremidade do balão e utilize-a para conectar a base da biela maior no Joelho de PVC. Use a fita adesiva para vedar possíveis vazamentos de ar entre a biela e o Joelho de PVC.
- w. Prenda os discos compactos (CD's), formando uma espécie de roda e fixe-a na extremidade livre do virabrequim, conforme mostra a figura.
- x. Acenda a vela que está na base da máquina e aguarde o aquecimento do motor, por cerca de 39 segundos. Em seguida, dê o arranque no motor, girando os CD's.
- y. Analise o funcionamento da máquina de Stirling, comparando-o com o da máquina anterior.



1. Qual das máquinas analisadas é um motor de combustão interna? Justifique.

---



---



---

2. Quais as fontes quentes utilizadas nas máquinas analisadas?

---



---

3. Quais os fluidos que sofrem as transformações cíclicas nas máquinas térmicas analisadas?

---



---

4. Pode-se afirmar que o todo o calor recebido das fontes quentes foi convertido em trabalho? Justifique.

---



---



---

5. Qual a única etapa do ciclo de Stirling que há realização efetiva de trabalho mecânico? Justifique.

---



---



---



---

### *Apêndice 3 – Pesquisa com Professores*

---

#### **Pesquisa sobre desenvolvimento profissional e aprendizagem em Física, por meio de experimentos de laboratório.**

Este questionário é um instrumento de coleta de informações para a confecção da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), uma realização da Sociedade Brasileira de Física (SBF), desenvolvido na Universidade de Brasília (UnB), com o objetivo de identificar a percepção de profissionais sobre aspectos do seu desenvolvimento profissional e a aprendizagem em Física, por meio de experimentos de laboratório.

Sua participação é muito importante e contribuirá para melhoria dos debates e dos procedimentos avaliativos na instituição.

Não é necessário se identificar e não haverá divulgação de dados individuais dessa pesquisa, pois os dados serão analisados em conjunto e não individualmente. Quase todas as questões são de múltiplas escolhas e não há respostas certas ou erradas. Escolha a alternativa que, sinceramente, melhor correspondente as suas características pessoais, às condições de ensino, às suas expectativas e vivências. Obrigado pela participação!

**1. Qual o tipo da sua graduação?**

- Licenciatura.
- Bacharelado.
- Ambos: licenciatura e bacharelado.

**2. Há quanto tempo se graduou?**

- Há menos de dois anos.
- Entre dois e cinco anos.
- Entre cinco e dez anos.
- Há mais de dez anos.

**3. Há quanto tempo trabalha com o Ensino Médio?**

- Há menos de dois anos.
- Entre dois e cinco anos.
- Entre cinco e dez anos.
- Há mais de dez anos.

**4. Durante sua formação profissional (graduação), você teve treinamento específico para lecionar em laboratórios de Física?**

- Não. Porque no curso não tinha atividades experimentais.
- Não. Presumia-se que as atividades experimentais básicas do curso seriam suficientes para a formação de professor.
- Sim. Além das atividades experimentais padrões dos cursos, tive treinamento específico para ser professor de laboratório.

**5. Na escola onde você trabalha, as aulas de laboratório (experimentos) são desenvolvidas:**

(Marque mais de uma alternativa, se for a realidade de sua escola).

- Como elemento motivador, antes da exposição da teoria.
  - Como elemento comprovador dos assuntos abordados, após a exposição da teoria.
  - Como elemento estratégico no desenvolvimento dos assuntos a serem estudados, paralelamente à exposição teórica.
  - Como elemento substituto da exposição teórica.
  - Outros. Quais? \_\_\_\_\_
- 6. Você costuma realizar as atividades experimentais propostas nos livros didáticos com seus alunos?**
- Sempre. Essas atividades facilitam a compreensão dos fenômenos abordados.
  - Às vezes, porque não há tempo suficiente para desenvolver essas atividades, apesar de facilitarem a compreensão dos conteúdos.
  - Às vezes, porque algumas atividades são muito trabalhosas e, dificilmente, os alunos compreendem.
  - Nunca, porque as atividades experimentais não contribuem para a formação dos meus alunos.
  - Nunca, porque não tenho os equipamentos necessários para as atividades.
  - Nunca, porque não tenho formação adequada para a realização das atividades.
  - Outros motivos. Quais e com que frequência? \_\_\_\_\_
- 7. Quando você realiza experimentos com seus alunos, costuma fazer adaptações às atividades propostas nos livros?**
- Sim, porque minha escola não tem os equipamentos mencionados nos experimentos.
  - Sim, porque as atividades não são apropriadas (não trazem objetivos bem delimitados; procedimentos claros e linguagem acessível) aos meus alunos.
  - Não. Faço as atividades exatamente como elas são propostas.
  - Outros motivos. Quais? \_\_\_\_\_
- 8. Você acha que as atividades experimentais, da forma como são propostas nos livros didáticos, reforçam a aprendizagem dos conteúdos?**
- Sim, sempre.
  - Às vezes, pois não são bem adaptadas (não trazem objetivos bem delimitados; procedimentos claros e linguagem acessível) aos meus alunos.
  - Não. As atividades experimentais não contribuem para a formação dos meus alunos.
  - Outros motivos. Quais? \_\_\_\_\_
- 9. Qual o tipo de instituição de Ensino Médio que você trabalha?**
- Pública.
  - Privada.
  - Ambas: pública e privada.
- 10. Qual o livro didático que você mais utiliza para consultar atividades experimentais de Termologia, para alunos da 2ª série do Ensino Médio?**  
Cite o nome do livro e, se possível, o autor e a edição.
-

## Apêndice 4 – Pós-testes

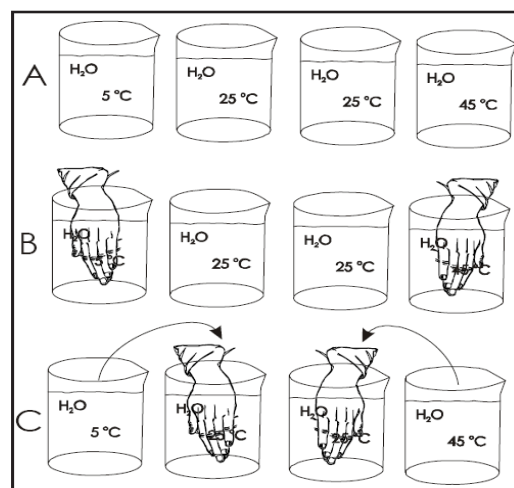
### Questões de avaliação

#### Experimento 1

1. A sensação de frio e quente está relacionada com o que denominamos **temperatura**. Sobre essa grandeza física, assinale a alternativa correta.
  - a.  As sensações térmicas nos proporcionam noções corretas e precisas das temperaturas dos corpos.
  - b.  Corpos, em equilíbrio térmico, sempre nos proporcionam a mesma sensação térmica.
  - c.  A situação e a sensibilidade individual podem influenciar a sensação térmica.
  - d.  Corpos quentes podem não ter maior temperatura do que corpos frios.
  - e.  Corpos mais quentes têm maior calor do que corpos mais frios.

2. (UEPB) Considere a seguinte situação:

Um aluno pegou quatro recipientes contendo água em temperaturas variadas. Em seguida mergulhou uma das mãos no recipiente com água fria (5 °C) e a outra mão no recipiente com água morna (45 °C). Após dois minutos, retirou-as e mergulhou imediatamente em outros dois recipientes com água a temperatura ambiente (25 °C), conforme a ilustração abaixo. Lembre-se que a temperatura do corpo humano é de aproximadamente 36 °C.




Com base no exposto, assinale a alternativa correta.

- a.  No recipiente com água fria, ocorre transferência de energia na forma de frio da água fria para a mão.
  - b.  No recipiente com água morna ocorre transferência de energia na forma de calor da mão para a água morna.
  - c.  No passo B (ver ilustração), a mão que experimenta a maior diferença de temperatura é a mão que estava imersa na água fria.
  - d.  No passo B (ver ilustração), a mão que experimenta a maior diferença de temperatura é a mão que estava imersa na água morna.
  - e.  No passo C, apesar da água dos recipientes estar a 25 °C, temperatura inferior à do corpo humano normal, a mão oriunda da água fria passa uma sensação de ser colocada em uma água morna; e a outra mão, uma sensação de água fria.
3. (FATEC–SP) Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Portanto:
    - a.  Os corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
    - b.  A temperatura dos três corpos é a mesma.
    - c.  O calor contido em cada um deles é o mesmo.
    - d.  A temperatura e o calor contido em cada corpo são iguais.
    - e.  O corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.

4. (FATEC–SP) Para que haja transferência de calor, é necessário que entre os corpos exista:
- Vácuo.
  - Contato mecânico regido.
  - Ar ou um gás qualquer.
  - Diferença de temperatura.
  - Um meio natural.
5. (UNIFESP-SP) Quando se mede a temperatura do corpo humano com um termômetro, procura-se colocar o bulbo do termômetro em contato direto com regiões mais próximas do interior do corpo e mantê-lo assim durante algum tempo, antes de fazer a leitura. Esses dois procedimentos são necessários porque:
- o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
  - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque demanda sempre algum tempo para que a troca de calor entre o corpo humano e o termômetro se efetive.
  - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso evitar a interferência do calor específico médio do corpo humano.
  - é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo, e porque o calor específico médio do corpo humano é muito menor que o do mercúrio e do vidro.
  - o equilíbrio térmico só é possível quando há contato direto entre dois corpos e porque é preciso reduzir a interferência da pele, órgão que regula a temperatura interna do corpo

## Experimento 2

1. (UDESC) Em um dia típico de verão, utiliza-se uma régua metálica para medir o comprimento de um lápis. Após essa medição, coloca-se a régua metálica no congelador, que está a uma temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ , e esperam-se cerca de 15 min para, novamente, medir o comprimento do mesmo lápis. O comprimento medido nessa nova situação, com relação ao medido anteriormente, será:
- o mesmo, porque o comprimento do lápis não se alterou.
  - maior, porque a régua sofreu uma contração.
  - menor, porque a régua sofreu uma dilatação.
  - maior, porque a régua se expandiu.
  - menor, porque a régua se contraiu.
2. (PUC RS/2011) O alumínio é um material que dilata isotropicamente, ou seja, dilata igualmente em todas as direções. Um anel, como o mostrado na figura, foi recortado de uma lâmina uniforme de alumínio. Elevando-se uniformemente a temperatura desse anel, verifica-se que:
- 
- o diâmetro externo do anel de alumínio aumenta, enquanto o do orifício se mantém constante.
  - o diâmetro do orifício diminui enquanto o diâmetro do anel de alumínio aumenta.
  - a área do orifício aumenta um percentual maior que a área do anel de alumínio.
  - a área do orifício aumenta o mesmo percentual que a área do anel de alumínio.
  - a expansão linear faz com que o anel tome a forma de uma elipse.



3. (MACK-SP) No estudo dos materiais utilizados para a restauração de dentes, os cientistas pesquisam entre outras características o coeficiente de dilatação térmica. Se utilizarmos um material de dilatação térmica inadequado, poderemos provocar sérias lesões ao dente, como uma trinca ou até mesmo sua quebra. Nesse caso, para que a restauração seja considerada ideal, o coeficiente de dilatação volumétrica do material de restauração deverá ser:
- igual ao coeficiente de dilatação volumétrica do dente.
  - maior que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito frios.
  - menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito frios.
  - maior que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito quentes.
  - menor que o coeficiente de dilatação volumétrica do dente, se o paciente se alimenta predominantemente com alimentos muito quentes.
4. (PUC-SP) A tampa de zinco agarrou-se no gargalo de rosca externa de um frasco de vidro e não foi possível soltá-la. Temos, à disposição, um caldeirão com água quente e outro com água gelada. Sabendo que os coeficientes de dilatação linear do zinco e do vidro são, respectivamente, iguais a  $30 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , assinale o item correto.
- Mergulhando o frasco e a tampa na água fria, o vidro sofrerá maior contração do que o zinco, e a tampa sairá com facilidade.
  - Mergulhando o frasco e a tampa na água fria, o zinco sofrerá maior contração do que o vidro, e a tampa sairá com facilidade.
  - Mergulhando o frasco e a tampa na água quente, o vidro sofrerá maior dilatação do que o zinco, e a tampa sairá com facilidade.
  - Mergulhando o frasco e a tampa na água quente, o zinco sofrerá maior dilatação do que o vidro, e a tampa sairá com facilidade.
  - Não é possível retirar a tampa do frasco com facilidade, apenas mergulhando-os na água quente ou na água fria.

### Experimento 3

1. (UEPG-PR) No interior de um recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível são colocados, simultaneamente, três corpos: X, Y e Z. Ao fim de um lapso de tempo, ocorre a elevação das temperaturas dos corpos X e Y. A partir desses dados, é correto afirmar que:
- o corpo Z perdeu calor em quantidade igual à que foi ganha pelo corpo X.
  - o corpo Z ganhou calor, mas não é possível precisar em que quantidade.
  - o corpo Z ganhou determinada quantidade de calor.
  - os corpos X e Y ganharam calor sensível.
  - o corpo Z perdeu calor.

2. (Vunesp) A respeito da informação "O calor específico de uma substância pode ser considerado constante e vale  $3\text{J}/(\text{g}^\circ\text{C})$ ", Três estudantes (I, II e III) forneceram as explicações seguintes.

I - Se não ocorrer mudança de estado, a transferência de 3 joules de energia para 1 grama dessa substância provoca elevação de 1 grau Celsius na sua temperatura.

II - Qualquer massa em gramas de um corpo construído com essa substância necessita de 3 joules de energia térmica para que sua temperatura se eleve de 1 grau Celsius.

III - Se não ocorrer mudança de estado, a transferência de 1 joule de energia térmica para 3 gramas dessa substância provoca elevação de 1 grau Celsius na sua temperatura.

Dentre as explicações apresentadas:

- a.  apenas I está correta.  
b.  apenas II está correta.  
c.  apenas III está correta.  
d.  apenas I e II estão corretas.  
e.  apenas II e III estão corretas.
3. (UEPG-PR) Dois corpos em equilíbrio térmico recebem quantidades iguais de calor e, em função disso, sofrem variações iguais na temperatura. A partir desses dados, podemos concluir que os corpos têm:
- a.  a mesma capacidade térmica.  
b.  o mesmo calor específico.  
c.  densidades diferentes.  
d.  a mesma densidade.  
e.  massas iguais.
4. (PUC-Campinas-SP) Sobre a grandeza calor específico, podemos dizer que fornece, numericamente, a quantidade de calor:
- a.  necessária para que cada unidade de massa do corpo varie sua temperatura de um grau.  
b.  necessária para que cada unidade de massa do corpo mude de estado físico.  
c.  que um corpo troca com outro, quando varia sua temperatura.  
d.  necessária para que a temperatura de um corpo varie de um grau.  
e.  que um corpo troca com outro, quando muda de estado.
5. (UEPG-PR) No interior de um calorímetro adiabático de capacidade térmica desprezível, são colocados dois cilindros, um de prata ( $c = 0,056 \text{ cal}/\text{g}^\circ\text{C}$ ) e um de cobre ( $c = 0,092 \text{ cal}/\text{g}^\circ\text{C}$ ), cujas massas são iguais. Nessas condições, a temperatura de equilíbrio térmico no interior do calorímetro é igual a  $20^\circ\text{C}$ . São introduzidos 100g de água a  $80^\circ\text{C}$  no calorímetro, e a temperatura em seu interior, após as trocas de calor, passa a ser de  $60^\circ\text{C}$ . Desprezando a capacidade térmica do calorímetro, a partir desses dados, assinale a alternativa correta.
- a.  Após todas as trocas de calor, o cilindro de prata e o cilindro de cobre têm a mesma temperatura, que é diferente da temperatura da água.  
b.  Após as trocas de calor, a água sofre a maior variação de temperatura.  
c.  O cilindro de cobre absorve mais calor do que o cilindro de prata.  
d.  No processo, o cilindro de prata absorveu mais do que 1000 cal.  
e.  A massa de cada cilindro é, aproximadamente, 338g.

## Experimento 4

1. (UFSM) Quando se está ao nível do mar, observa-se que a água ferve a uma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Subindo uma montanha de 1 000 m de altitude, observa-se que a água:
  - a.  ferve na mesma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , independentemente da altitude.
  - b.  ferve numa temperatura maior, pois seu calor específico aumenta.
  - c.  ferve numa temperatura maior, pois a pressão atmosférica é maior.
  - d.  ferve numa temperatura menor, pois a pressão atmosférica é menor.
  - e.  não consegue ferver nessa altitude.
  
2. (FEI) Aquecendo água destilada, numa panela aberta e num local onde a pressão ambiente é  $0,92\text{atm}$ , a temperatura de ebulição da água:
  - a.  é alcançada quando a pressão máxima de vapor saturante for  $1,0\text{ atm}$ .
  - b.  depende da rapidez do aquecimento.
  - c.  será inferior a  $100^{\circ}\text{C}$ .
  - d.  será superior a  $100^{\circ}\text{C}$ .
  - e.  será igual a  $100^{\circ}\text{C}$ .
  
3. (UFLA) O uso de panela de pressão diminui consideravelmente o tempo de cozimento dos alimentos. Isto deve-se:
  - a.  a uma distribuição mais uniforme do calor, sendo a temperatura de ebulição da água  $100^{\circ}\text{C}$  ao nível do mar, mesmo dentro da panela.
  - b.  à água estar na forma de vapor dentro da panela, sem que haja necessariamente um aumento da temperatura.
  - c.  ao aumento do ponto de ebulição da água pelo aumento da pressão interna da panela.
  - d.  ao fato de os alimentos, sob pressão, cozinharem mais facilmente, não sendo assim um efeito do aumento da temperatura.
  - e.  à diminuição do ponto de fusão dos alimentos pelo aumento da pressão.
  
4. (PUC-RS) A temperatura de fusão de uma substância depende da pressão que é exercida sobre a mesma. O aumento de pressão sobre essa substância ocasiona na sua temperatura de fusão:
  - a.  um acréscimo, se ela, ao se fundir, se expande.
  - b.  um acréscimo, se ela, ao se fundir, se contrai.
  - c.  um decréscimo, se ela, ao se fundir, se expande.
  - d.  um decréscimo.
  - e.  um acréscimo.
  
5. (UFPEL-RS) Na patinação sobre o gelo, o deslizamento é facilitado porque, quando o patinador passa, parte do gelo se transforma em água, reduzindo o atrito. Estando o gelo a uma temperatura inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , isso ocorre porque a pressão da lâmina do patim sobre o gelo faz com que ele derreta.  
De acordo com seus conhecimentos e com as informações do texto, é correto afirmar que a fusão do gelo acontece porque:
  - a.  a pressão não influencia no ponto de fusão.
  - b.  o aumento da pressão aumenta o ponto de fusão.
  - c.  a diminuição da pressão diminui o ponto de fusão.
  - d.  a pressão e o ponto de fusão não se alteram.
  - e.  o aumento da pressão diminui o ponto de fusão.

## *Apêndice 5 – Guia para Professores*

---

### DICAS E ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

Parece óbvio que os roteiros de experimentos fechados devam trazer **todas as informações essenciais e necessárias sobre o que se deve fazer, como fazer e o que observar**. Na implementação desse método de trabalho, o aluno precisa: saber ler e interpretar o que está escrito; abstrair as informações essenciais do texto; fazer o que lhe é solicitado; observar o fenômeno que está sendo analisado; compreender como as grandezas se inter-relacionam no fenômeno estudado; coletar, selecionar, reorganizar e equacionar as informações e conhecimentos disponíveis e responder as questões propostas. O que é exigido do aluno não é apenas a necessidade de conhecimentos e/ou pré-requisitos, mas de determinadas competências, por meio das quais o aluno consiga estabelecer as correlações entre sistemas, situações, informações e dados. Eles precisam usar mais a capacidade de raciocínio e compreensão do que a memorização. Por isso, uma característica marcante dos roteiros de experimentos é que esse método de ensino exige dos alunos a capacidade de ler e compreender. E não se trata apenas da leitura de textos formais, mas também da leitura das múltiplas formas de linguagens usadas em textos científicos, como expressões numéricas, tabelas e diagramas.

Nesse sentido, para que esse tipo de atividade obtenha melhor desempenho e seja bem aproveitado, a preparação do roteiro passa a ser o ponto crucial. Além de exigir um **texto bem redigido, com clareza, concisão e, adequadamente, adaptado ao nível de escolaridade do público a quem se destina**, é aconselhável que tenha introdução teórica e objetivos, para que os alunos saibam, de antemão, do que trata o experimento e o que, exatamente, se quer analisar e observar com a atividade. Também, é imprescindível que apresente uma **sequência de procedimentos que seja lógica e coerente com o que se deseja observar e com o fenômeno que se quer analisar**.

Visando a uma aprendizagem significativa, o produto pedagógico desse mestrado, foi pensado para ser como um estudo dirigido, no qual a complexidade das questões e dos procedimentos vai aumentando gradativamente, sempre exigindo que o aluno, a cada nova ação, pare, reflita sobre o que está fazendo e, em função dos objetivos da atividade, formule a melhor resposta para cada questão do roteiro.

Geralmente, nas últimas questões desses roteiros, os alunos devem discorrer sobre os erros experimentais e/ou aplicações dos conteúdos abordados em situações do dia-a-dia. Esse é outro diferencial que dá sentido às atividades desenvolvidas e faz com que o aluno reflita sobre os procedimentos propostos.

Cabe ressaltar que, segundo sua natureza, os erros são geralmente classificados em três categorias:

- ✓ **Erros Grosseiros** - ocorrem por causa da falta de prática (imperícia) ou distração do operador. Como exemplos, podem-se citar: manuseio incorreto dos equipamentos; medições equivocadas e erros de cálculos. Esse tipo de erro é inaceitável e, caso ocorra, todo o procedimento deve ser refeito.
- ✓ **Erros Sistemáticos** - são causados por flutuações originárias de falhas no método empregado ou nos equipamentos utilizados, que fazem com que as medidas feitas estejam consistentemente acima ou abaixo do valor real. Como exemplos, podem-se citar: simplificações do modelo teórico utilizado (desprezar a resistência do ar e atritos, por exemplos) e utilizar equipamentos mal calibrados (relógios que sempre adiantam ou sempre atrasam). Na medição em que não há uma estimativa

do resultado, os erros sistemáticos quase sempre passam despercebidos. Em geral, eles só são percebidos a posteriori e, uma vez conhecidos, podem ser corrigidos. Mas, há métodos para minimizar a influência desse tipo de erro.

- ✓ **Erros Aleatórios ou Acidentais** - são provocados por causas fortuitas, acidentais e variáveis, podendo influenciar os resultados tanto para mais como para menos. Como exemplos, podem-se citar: variações das condições ambientais (pressão, temperatura, umidade etc.) e fatores relacionados com os reflexos variáveis do operador, em particular a visão e a audição. A influência desse tipo de erro pode ser minimizada, repetindo diversas vezes as medidas das grandezas físicas.

**De modo simples, pode-se dizer que medida exata é aquela na qual os erros sistemáticos são nulos ou desprezíveis e os erros acidentais são mínimos.**

Nessas atividades, o professor atuará como um orientador, auxiliando os alunos na implementação desses procedimentos, principalmente, quando a atividade necessitar de ajustes complexos e/ou trazer riscos à saúde. Além de conhecer todos os objetivos e dominar todas as técnicas e preparações de cada procedimento da prática, o professor deve estar preparado para sanar as dúvidas e questionamentos dos alunos sobre o assunto experimentado. Por isso, é fundamental que o professor realize o experimento com antecedência, para resolver situações inusitadas, a fim de que, durante o experimento, não se repitam.

É interessante que o aluno tenha acesso às atividades antes das aulas no laboratório, para que possa ler e refletir, previamente, sobre o que vai ser discutido e experimentado em cada aula.

O produto pedagógico proposto vem precedido por um texto introdutório de Terminologia, que traz, em linhas gerais, todos os fenômenos que serão analisados nos experimentos.

As atividades experimentais estão divididas e organizadas em tópicos, os quais são apresentados a seguir:

- VII. **TÍTULO**: traz o nome do experimento ou fenômeno que será estudado com aquele experimento;
- VIII. **INTRODUÇÃO**: traz um pequeno resumo dos conteúdos abordados naquela atividade, o qual serve para consultas e referências;
- IX. **OBJETIVOS**: além de indicar ao aluno o que se espera atingir com a referida prática, este tópico também orienta sobre os aspectos importantes que devem ser observados e analisados na atividade;
- X. **MATERIAIS NECESSÁRIOS**: relaciona e caracteriza todos os materiais e equipamentos que serão utilizados na prática;
- XI. **PROCEDIMENTOS**: descreve todas as orientações, de maneira cuidadosa, ordenada e detalhada, tudo o que deverá ser feito durante a prática;
- XII. **CONCLUSÃO**: este tópico, que vem distribuído ao longo do roteiro, é composto por uma série de perguntas e problemas, que serão respondidos pelo aluno, de preferência sem o auxílio do professor, logo após os procedimentos correspondentes. Os alunos não precisam se preocupar se o experimento "vai dar certo ou não", o importante é que suas conclusões e respostas sejam coerentes com os dados obtidos.

Para que as atividades transcorram de forma tranquila e os riscos de acidentes sejam minimizados, é necessário estabelecer algumas normas e medidas de conduta básica, que devem ser seguidas por todas as pessoas que utilizam o laboratório.

- o horário deve ser rigorosamente respeitado, pois o tempo para a implementação das práticas, incluindo os momentos de análises de dados e resultados, foi ajustado para ocupar integralmente toda a aula. Evite atrasos, pois não é conveniente entrar no laboratório após o início da prática;
- é obrigatório o uso de jaleco em tecido de algodão, calça comprida e calçado fechado, sem exceções. Se for necessário, outros itens devem ser utilizados, como luvas e óculos;
- é proibido ingerir qualquer tipo de alimento durante a atividade prática;
- procure seguir atentamente as instruções do roteiro. Toda "criatividade" é bem aceita, quando orientada. Se quiser "testar uma nova montagem ou experiência" peça orientações, para evitar transtornos ou acidentes;
- é expressamente proibido brincar com materiais e equipamentos laboratoriais. Evite, também, conversar durante a aula sobre assuntos alheios ao experimento;
- evite barulho no laboratório, pois este é um dos grandes motivos de acidentes;
- em caso de acidente ou dano aos materiais e equipamentos, comunique imediatamente ao professor, para que se possam tomar as providências;
- nunca prove substâncias e nem aspire gases ou vapores;
- ao final da atividade, os alunos devem arrumar todos os materiais e equipamentos utilizados, deixando o laboratório exatamente como foi encontrado no início da aula.

Planejar a atividade e organizá-la previamente são pontos essenciais para se trabalhar com cautela e segurança.

## **Experimento 1**

### **AVALIAÇÃO E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA**

Inicialmente, o aluno precisa entender a diferença entre avaliar e medir. A ação de medir é sempre uma comparação de quantidades de grandezas de mesma espécie, ou seja, escolhe-se uma escala qualquer, adotada como padrão, e determina-se quantas vezes essa unidade padrão está contida na grandeza que está sendo medida. Quando se avalia, não há a utilização dessa unidade padrão no instante da comparação.

Desta forma, quando se avalia temperatura de um corpo, pode-se dizer que esse corpo está frio, quente ou morno. Mas, para medir a temperatura desse corpo, é necessário escolher uma unidade padrão (por exemplo, o grau celsius ou fahrenheit) e determinar, indiretamente, quantas unidades desse grau padrão correspondem ao valor da temperatura desse corpo. Essa medida é denominada indireta porque, para medir temperatura, **utilizamos as propriedades de alguns sistemas (como: cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.), que se modificam quando o estado térmico é alterado.**

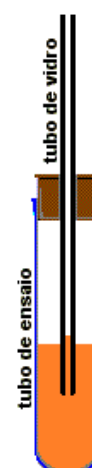
O instrumento utilizado para medir temperatura é o termômetro. O tato não mede temperatura, no máximo, ele avalia a temperatura dos corpos. No entanto, o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas em que esse observador se encontrava. Além disso, é importante perceber que o tato é mais suscetível à condutividade térmica do que à temperatura. Isso quer dizer que objetos feitos de materiais diferentes, geralmente, têm condutividades térmicas diferentes e, quando são tocados, nos dão sensações térmicas diferentes, mesmo estando à mesma temperatura.

Uma maneira mais precisa de se avaliar a temperatura de um corpo é por meio de um termoscópio. Trata-se de um instrumento que utiliza uma propriedade física (cor, volume, pressão, resistência elétrica etc.) que varia **quando o estado térmico do corpo é alterado.** No fundo, o termoscópio é um termômetro sem escala termométrica e, por isso, ele não mede temperaturas.

O termoscópio proposto, mostrado na figura, é constituído por um tubo de ensaio com um pouco de água colorida, encerrado por uma tampa, a qual é atravessada por um canudo fino de vidro, que mantém uma extremidade imersa no líquido. Nesse instrumento, a propriedade física que varia com a temperatura é a altura da coluna líquida no tubo de vidro e, para que funcione, não pode haver vazamentos dos conteúdos.

Para vê-lo em funcionamento, basta colocar o tubo de ensaio em contato com o corpo que se quer avaliar a temperatura. Por exemplo, se sua mão estiver mais quente que o conteúdo do termoscópio e você segurar o tubo de ensaio, verá que a altura da coluna líquida vai aumentar. Ao fornecer calor para o sistema, o líquido e, principalmente, o ar contido no tubo de ensaio sofrem expansões e, por isso, a altura da coluna líquida aumenta. É importante frisar que a expansão do ar é maior do que a dilatação do líquido. Então, para uma maior percepção da variação da altura da coluna líquida no tubo de vidro, a quantidade de líquido no tubo de ensaio deve ser mínima possível, cerca de dois centímetros de altura. Quanto maior o volume de líquido no tubo de ensaio, menos ar existirá no tubo e, portanto, menor vai ser a variação da altura da coluna líquida, quando a temperatura do sistema variar.

**Termoscópio**



Outro cuidado que se deve ter na implementação dessa atividade é com relação às temperaturas das águas nos béqueres, principalmente a quente, pois o aluno pode se queimar se estiver muito alta.

Essa atividade foi planejada para ser desenvolvida em duas aulas. Na primeira, o aluno vai avaliar a temperatura das águas, por meio do tato, a fim de perceber que o tato é muito impreciso para essa avaliação. Além disso, ele vai constatar que a condutividade térmica interfere na avaliação das temperaturas dos corpos, por meio do tato.

Na segunda aula, o aluno usará o termoscópio para avaliar as temperaturas das águas dos béqueres, a fim de constatar que esse instrumento é mais preciso do que o tato. Além disso, comparando-se a variação da altura da coluna líquida do termoscópio com os valores de temperatura, medidos com auxílio do termômetro científico, o aluno construirá uma relação termométrica entre esses dois equipamentos. Ao final da atividade, o aluno determinará a altura da coluna quando esse aparelho estiver em equilíbrio térmico com a água morna e, utilizando a relação termométrica determinada anteriormente, determinará a temperatura dessa água.

Seria conveniente que os alunos estudassem os algarismos significativos de uma medida, para entender o motivo de o roteiro solicitar que os valores de temperatura e altura da coluna líquida sejam anotados com precisão de décimos de graus celsius e milímetros, respectivamente. Seria conveniente também que soubessem como fazer operações matemáticas com algarismos significativos e como fazer os arredondamentos matemáticos necessários.

Na última questão da atividade, o roteiro pede para comparar o valor calculado para a temperatura da água morna com o valor medido e citar, pelo menos, dois motivos que justifiquem a possível diferença (ou não) entre esses valores. Como resposta, os alunos poderão citar as trocas de calor no processo, uma vez que as águas quente e fria estão, respectivamente, cedendo e recebendo calor do ambiente, o que provoca alterações nas medidas, uma vez que há uma diferença de tempo entre a medição das temperaturas e das correspondentes alturas da coluna líquida. Outros fatores que podem citar para justificar as possíveis diferenças são os arredondamentos matemáticos e as precisões dos equipamentos adotados.



## Experimento 2

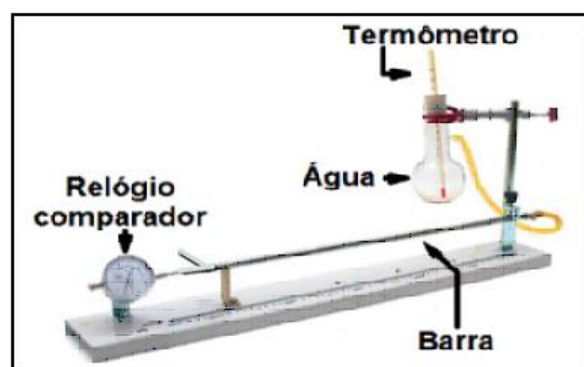
### DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

Na segunda atividade, vamos explorar a dilatação e a contração térmica de sólidos e, para isso, inicialmente vamos utilizar o anel de Gravezande.



Uma situação que sempre traz dúvida para os alunos é a dilatação ou a contração térmica de objetos que contêm furos. No caso de aumento de temperatura, há aumento ou redução dos diâmetros desses furos? Lembrando-se que aumentos na temperatura de um corpo, provocam aumentos na agitação das partículas que constituem esse corpo e, conseqüentemente, maior afastamento dessas partículas, conclui-se que os diâmetros dos furos devem aumentar, pois as partículas das bordas desses furos devem se afastar, uma das outras. Se os diâmetros diminuíssem, as partículas ficariam mais próximas, uma das outras, o que seria incompatível com um aumento de temperatura. E isso é o que pretendemos analisar com essa atividade.

Para essa atividade, teremos que fazer aquecimentos, o que implica cuidado redobrado para evitar queimaduras, pois as peças do anel de Gravezande ficarão muito quentes. Outro cuidado necessário é com os cabelos dos alunos, que precisam estar presos. Além disso, os alunos precisam ser informados sobre o modo correto para acender e apagar o bico de bunsen, evitando vazamentos de gás no laboratório. Também, é necessário que saibam como controlar a altura da chama e o ponto ideal para os aquecimentos.



Na segunda parte do experimento, usaremos o dilatômetro, mostrado na figura ao lado, para determinar o coeficiente de dilatação linear de uma barra metálica.

O primeiro cuidado que se deve ter é manusear a barra pelas extremidades, para evitar que ela sofra dilatações, antes do início do experimento.

Repare que o relógio comparador do dilatômetro possui dois ponteiros. O menor mede quantos milímetros a barra dilata, enquanto o maior mede os centésimos de milímetros. Supondo que, após a dilatação da barra, o ponteiro menor esteja entre os números dois e três e o maior esteja exatamente sobre o número 76, a dilatação da barra será de 2,76mm.

Para montar o equipamento, com muito cuidado, vamos colocar a barra metálica em contato com a ponteira do relógio comparador do dilatômetro, forçando uma pequena leitura

inicial. Em seguida, deve-se prender a barra nessa localização, apertando o parafuso que se encontra próximo da outra extremidade da barra. Nesse instante, o ponteiro menor deve estar entre os números zero e um, enquanto, o maior, marca pequeno valor. Essa verificação é necessária para constatar que a barra realmente toca na ponteira do relógio comparador. Em seguida, ajuste o “zero” da escala, girando o anel recartilhado do relógio comparador, até que a marca do zero coincida com a ponta do maior ponteiro do relógio.

Para medir o comprimento inicial da barra, utiliza-se a escala milimétrica do dilatômetro, medindo desde a localização do parafuso que prende a barra, até o início da ponteira do relógio comparador. Perceba que o pequeno pedaço da barra que fica do outro lado do parafuso não influencia o resultado do experimento, pois, ao sofrer dilatação, ele não interfere na medição do relógio comparador e, por isso, não é considerada na medida do comprimento inicial da barra.

O próximo passo é colocar água no balão volumétrico do aparelho e conectar a mangueira que liga o balão ao início da barra. Não se esqueça de colocar a rolha no balão, com o termômetro, conforme a figura anterior.

Por fim, acenda o bico de bunsen e aqueça o balão volumétrico. Quando entrar em ebulição, o vapor d'água passará pela mangueira e entrará na barra, saindo pela outra extremidade aberta. **Cuidado! O vapor que sai da barra ainda está muito quente e pode provocar queimaduras.** Por isso, é importante que, ao prender a barra, a extremidade livre não fique direcionada para os alunos (veja a figura).

Acompanhe o aquecimento da barra e veja os ponteiros do relógio comparador medindo a dilatação da barra.

Na questão nove, o roteiro pede para citar pelo menos dois motivos que justifiquem a possível diferença entre o valor calculado e o tabelado para o coeficiente de dilatação linear do material da barra. Nesse ponto é importante que o aluno perceba que em nenhum momento foi medida a temperatura da barra. Para a temperatura inicial, adotamos que ela estava em equilíbrio térmico com o ambiente e anotamos o valor de temperatura que o termômetro indicava. Após o aquecimento, adotamos que a barra estava em equilíbrio térmico com a água que estava em ebulição no balão volumétrico. Esses podem ser os motivos que justificam a diferença percebida. Além disso, poderiam citar a pureza do material da barra. Geralmente, essas barras são feitas de ligas de várias substâncias e, isso, também altera o coeficiente de dilatação das barras.

### **Experimento 3**

## **PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR**

Na terceira atividades, vamos ilustrar os três processos de propagação de calor: condução, convecção e radiação.

Com relação à parte que trata da condução térmica, o que pode dar errado é que as esferas foram presas na barra metálica, usando parafina. Dessa forma, se colocar mais cera em uma do que nas outras, pode acontecer das esferas não se desprenderem na ordem correta, o que significaria que o calor não flui do lado mais quente para o mais frio.

Com relação à convecção térmica, muitos alunos têm dificuldade em explicar o que acontece a massa de ar quente que está em contato com a lâmpada. Talvez seja necessário informar que essa massa de ar, ao ser aquecida, se expande, sua densidade diminui e, por isso, é forçada a subir, criando as correntes de convecção e provocando o movimento da ventoinha. Tudo ocorre pela variação de pressão, provocada pelo aquecimento do ar.

Na parte de radiação, é importante que o aluno perceba que a leitura do termômetro só pode ter aumentado por causa das ondas eletromagnéticas. O ar que está entre a lâmpada e o termômetro é isolante térmico. Além disso, nas correntes de convecção, o ar quente sobe, não sendo, portanto, explicação para o aumento da temperatura do termômetro.

Outra questão que pode gerar polêmica é aquela que se refere às radiações emitidas pelo filamento da lâmpada. Será que elas precisam de um meio material para propagar-se? Se possível, repita essa atividade, colocando o termômetro no interior de uma redoma de vidro, onde foi retirado o ar, com uma bomba de sucção. Dessa forma, o aluno perceberia que a temperatura aumentaria e que esse tipo de onda não precisa de um meio material para propagar-se.

### **Experimento 4**

## **CALOR ESPECÍFICO**

Nessa atividade, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos estarão manuseando o bico de bunsen e transferindo materiais aquecidos de um recipiente para outro.

O que compromete os resultados dessa atividade são as trocas de calor indesejáveis ao longo do processo. Além disso, é necessário que os alunos façam as medidas de temperatura

usando a precisão de décimos de graus celsius, pois, como o calor específico do bloco analisado é muito pequeno quando comparado com o da água, as variações de temperatura da água vão ser muito pequenas e, sem essa precisão, pode ser que o aluno não consiga medir essa variação.

Uma dificuldade percebida na implementação desse roteiro com os alunos que participaram da pesquisa foi quanto à utilização da Equação Fundamental da Calorimetria para determinar as grandezas solicitadas. Talvez seja necessária uma intervenção do professor, no início do experimento, para mostrar como aplicar o princípio das trocas de calor em sistemas fechados.

Na última questão da atividade, o roteiro pede para o aluno citar pelo menos dois fatores que justifiquem a possível diferença entre os calores específicos calculado e tabelado. Nesse ponto, os alunos podem falar sobre as trocas de calor indesejáveis. Toda vez que ele abre o calorímetro, há perda de calor para o ambiente. Além disso, pode citar a pureza do bloco experimentado. Pode, também, comentar sobre a precisão dos equipamentos utilizados.

## Experimento 5

### PRESSÃO E TEMPERATURA

Antes de iniciar o experimento, é necessário que o aluno compreenda que a influência da pressão sobre as temperaturas de mudança de estado físico está relacionada com as alterações de volume que sempre ocorrem nas transições de fase. De uma maneira geral, pode-se estabelecer que:

- ✓ **Toda mudança de fase, na qual o volume aumenta, será dificultada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais elevada;**
- ✓ **Toda mudança de fase, na qual o volume diminui, será facilitada por um aumento de pressão, passando a ocorrer em uma temperatura mais baixa.**

Sem essa compreensão, dificilmente o aluno entenderá os resultados da atividade. Repare que essa atividade foi desenvolvida com o intuito de que o aluno constate o que está sendo afirmado.

Inicia-se a atividade tentando analisar como a variação de pressão altera a temperatura de fusão da água. Para esse procedimento, basta um pequeno bloco de gelo, que pode ser feito com auxílio de uma caixinha descartável. Convém destacar que, quanto maior a massa dos discos presos na extremidade do fino fio de aço, mais rápido o fio atravessará o bloco. É necessário experimentar previamente para decidir qual a melhor maneira de realizar esse procedimento, sabendo que os



alunos adoram, quando o fio atravessa a barra e ela continua inteira.

Nesse ponto, faz-se a montagem do sistema conforme a figura e o deixe de lado para ser analisado no final do experimento. Sobre esse assunto, no final da atividade há alguns questionamentos que, geralmente, os alunos têm dificuldades para responder. O fio atravessa a barra porque o aumento de pressão diminui a temperatura de fusão de gelo. Após passar, a pressão sobre a água fundida volta ao valor anterior e, como sua temperatura ainda é muito baixa, essa água volta a solidificar-se.

Em seguida, o experimento passa a discutir a interferência da pressão na temperatura de ebulição da água. Nessa parte, alguns detalhes podem passar despercebidos. Por exemplo, já aconteceu, aqui em Brasília, de a água ferver, em recipiente aberto, com temperatura muito próxima dos 100°C. Isso pode ocorrer, por exemplo, pela presença de sal na água. Outro motivo plausível para explicação desse fato é o formato do recipiente, que proporciona um aumento de pressão, mesmo estando aberto.

Outro detalhe que os alunos têm grandes dificuldades para perceber, é com relação à variação de pressão no interior do tubo fechado. A água aquecida, contida no tubo de ensaio tampado, volta a entrar em ebulição, quando o tubo é mergulhado em água à temperatura ambiente, porque a pressão de vapor, no interior do tubo, diminui, mas a temperatura da água contida no tubo continua muito alta. É possível observar a formação de gotículas de água, no interior do tubo, o que comprova essa diminuição de pressão, pois o vapor está se condensando.

No final do roteiro há dois questionamentos que propõem aplicar os conhecimentos adquiridos em situações reais. O primeiro deles pergunta: o que aconteceria com um líquido, contido em um recipiente, se a pressão a que estiver submetido for diminuída quase a zero? De acordo com o que foi observado, o líquido deve evaporar, pois diminuindo a pressão, diminui a temperatura de ebulição do mesmo.

Na segunda questão, o roteiro pergunta: em termos da variação de pressão, como poderíamos justificar o fato do acúmulo de neve, no alto das montanhas, provocar avalanches? O acúmulo de neve aumenta a pressão nas camadas inferiores do gelo, o que, por sua vez, diminui a temperatura de fusão dessa camada de gelo, fazendo-a derreter e deslizar, provocando a avalanche.

## **Experimento 6**

### **CALOR LATENTE**

O objetivo dessa atividade é determinar o calor latente específico de fusão do gelo, por meio de uma troca de calor ocorrida no interior do calorímetro. As mesmas recomendações e cuidados da atividade 4, também, são válidas para esse experimento, isso é, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos estarão manuseando o bico de bunsen e transferindo materiais aquecidos de um

recipiente para outro. Vale lembrar que o que compromete os resultados dessa atividade são as trocas de calor indesejáveis ao longo do processo.

Inicialmente, provoca-se uma troca de calor entre águas a diferentes temperaturas, no interior do calorímetro, a fim de determinar a capacidade térmica desse instrumento.

Em seguida, provoca-se uma nova troca de calor no interior do calorímetro, adicionando uma massa conhecida de gelo fundente picado. Note que a temperatura do gelo não foi determinada e, foi assumido, que estava a  $0^{\circ}\text{C}$ , pois o gelo estava se fundindo.

Outro ponto que merece comentário é com relação à massa de gelo picado que foi adicionada ao calorímetro. O roteiro pede que seja acrescentado apenas pedaços gelos. Mas, como garantir essa separação? Infelizmente, uma pequena parcela de água líquida gelada também é acrescentada no interior do calorímetro.

Talvez seja necessário, também, uma intervenção do professor para mostrar como aplicar o princípio das trocas de calor em sistemas fechados.

Na última questão, o roteiro afirma que o valor tabelado para o calor latente específico de fusão do gelo é  $80\text{cal/g}$  e pede para citar pelo menos três motivos que justifiquem a possível diferença encontrada. Novamente, as trocas de calor indesejáveis, a pureza da água (pois, não estamos utilizando água destilada), a precisão dos instrumentos de medida utilizados e a incerteza com relação à massa de gelo picado que foi colocada no calorímetro, são fatores que poderiam justificar a diferença encontrada entre esses valores.

## **Experimento 7**

### **ENERGIA ALIMENTAR**

Com esse experimento, queremos determinar a energia alimentar, valor energético ou valor calórico de um alimento. Mais precisamente, vamos determinar, por dois métodos diferentes, quantas calorias um grão de amendoim pode fornecer, ao ser queimado (consumido).

Para esse experimento, valem as recomendações e cuidados já citados nos experimentos 4 e 6, isto é, todos os procedimentos devem ser realizados o mais rapidamente possível, para se evitar as trocas de calor indesejáveis, mas com muito cuidado, a fim de se evitar acidentes, uma vez que os alunos vão trabalhar com fogo. Vale lembrar que as trocas de calor indesejáveis comprometem os resultados dessa atividade.

No primeiro método, vamos usar o calor gerado na queima do amendoim para aquecer  $30\text{g}$  de água. Como o calor específico da água é muito grande,  $1,0\text{ cal}/(\text{g }^{\circ}\text{C})$ , e há perdas de

calor no processo, a variação de temperatura dessa massa d'água vai ser muito pequena. Se for possível, meça as temperaturas com auxílio de um multímetro. Isso é interessante, porque os alunos passam a conhecer outro tipo de termômetro.

No segundo método, o calor gerado pela queima do amendoim será usado para fundir uma massa de gelo. Assumindo que todo o calor gerado na queima foi transferido para o gelo e determinando-se a massa de gelo que foi derretida, pode-se calcular a quantidade de calor que o amendoim pode fornecer.

Na questão 14, o roteiro afirma que o valor energético do amendoim, registrado nas embalagens do produto é cerca de 5,8kcal/g e pede para citar pelo menos dois fatores que justifiquem as possíveis diferenças encontradas, ao se comparar as quantidades médias calculadas, nos dois processos, com a quantidade de calor registrado. Novamente, as trocas de calor indesejáveis, a precisão dos instrumentos de medida utilizados e a incerteza com relação à massa de gelo picado no segundo método, são fatores que poderiam justificar a diferença encontrada entre esses valores.

## **Experimento 8**

### **UMIDADE RELATIVA DO AR**

Nesse experimento, apresentaremos dois métodos simples para se determinar a umidade relativa do ar. Sabe-se que a pressão atmosférica é a soma das pressões exercidas por todos os elementos (nitrogênio, oxigênio, gás carbônico, argônio, criptônio, hélio, neônio, radônio, xenônio e água) presentes no ar. A pressão que cada um desses elementos exerce isoladamente é denominada pressão parcial. A pressão parcial ( $f$ ) que o vapor d'água exerce é, em geral, muito baixa, além de depender da temperatura.

Dizemos que o ar está saturado de vapor d'água quando o vapor existe em quantidade tal que esteja exercendo a pressão máxima de vapor ( $F$ ), isto é, a concentração de vapor d'água é tão grande que, a qualquer instante, pode ocorrer sua condensação.

A pressão máxima  $F$  do vapor de água cresce com a temperatura e a tabela ao lado, obtida experimentalmente, traz os valores correspondentes dessa grandeza, entre 10°C e 30°C.

Definimos a umidade relativa ou grau higrométrico ( $H$ ) do ar pela relação:

$$H = \frac{f}{F}$$

Frequentemente, a umidade relativa é expressa em porcentagem e, para tanto, basta multiplicar a relação anterior por 100%. Se o ambiente estiver saturado ( $f = F$ ), a umidade relativa do ar vale 100% e, neste caso, o vapor começa a condensar.

No primeiro método, vamos medir a temperatura ambiente e determinar a pressão máxima de vapor que corresponde a essa temperatura. Em seguida, vamos adicionar um pouco de água em um recipiente metálico e, aos poucos, ir adicionando gelo picado até que se veja a formação do orvalho na superfície externa desse recipiente. Nesse instante, o vapor presente no ar, já está sofrendo condensação na parede desse recipiente. Então,

vamos medir a temperatura da água no interior do copo e determinar a correspondente pressão parcial de vapor d'água, registrada na tabela acima. Em seguida, para se calcular a umidade relativa do ar, basta dividir os valores encontrados, conforme expressão anterior.

No segundo método, utilizamos a propriedade de volatilidade do álcool, para determinar a pressão parcial do vapor de água. Para tanto, envolvemos o bulbo de um termômetro científico com um chumaço de algodão e, em seguida, umedecemos esse algodão com álcool. À medida que o álcool retira calor do bulbo para se evaporar, a altura da coluna líquida do termômetro diminui. Mas, chega a um ponto que a altura da coluna líquida se estabiliza, mesmo com o algodão ainda úmido. Isso pode ser entendido, assumindo que atingiu a temperatura de orvalho e agora, o vapor d'água começa a condensar e molhar o algodão. Nesse instante, se determina a temperatura de orvalho e a correspondente pressão parcial do vapor d'água, registrada na tabela anterior. Por fim, basta calcular a umidade relativa do ar, usando a expressão que foi citada.

Convém ressaltar que os métodos utilizados para a medição da umidade relativa do ar são muito sensíveis ao deslocamento de ar (vento) e à variação de temperatura. Outro ponto que merece destaque é que os valores de temperatura registrados na **Tabela de Pressão Máxima de Vapor d'Água**, mostrada anteriormente, variam de um grau celsius. No entanto, quando se mede a temperatura ambiente ou do ponto de orvalho, pode-se medir um valor

PRESSÃO MÁXIMA DE VAPOR DA ÁGUA	
Temperatura (°C)	Pressão (mmHg)
10,0	9,6
11,0	9,8
12,0	10,5
13,0	11,2
14,0	12,0
15,0	12,8
16,0	13,6
17,0	14,5
18,0	15,5
19,0	16,5
20,0	17,6
21,0	18,7
22,0	19,8
23,0	21,1
24,0	22,4
25,0	23,8
26,0	25,2
27,0	26,8
28,0	28,4
29,0	30,1
30,0	31,8



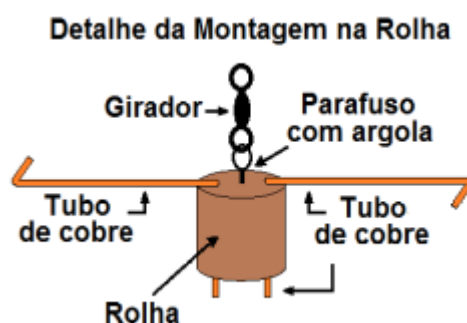
intermediário aos registrados na tabela. E esse é outro motivo que justificaria a possível diferença registrada entre os dois métodos.

## Experimento 9

### MÁQUINAS TÉRMICAS

Nesse experimento, queremos discutir o funcionamento de uma máquina térmica.

Na primeira parte do experimento, faz-se uma análise do funcionamento de um modelo simples da máquina de Heron. Para tanto, utilizamos um pequeno balão de fundo chato com rolha, através da qual são fixados tubos de cobre muito finos, formando um dipolo rotativo, conforme figura. No topo da rolha é importante colocar um girador, desses utilizados em pescaria.



Para que essa máquina funcione, basta colocar água no interior do balão, tampá-lo e aquecer o sistema com uma lâmparina. Quando a água ferver, o vapor sairá pelos tubos recurvado de cobre e todo o sistema vai girar. Esse sistema não tem uma aplicação prática, mas é um modo simples de construir uma máquina térmica.

**Cuidado! Não aqueça muito o sistema, pois a rolha pode se soltar ou o balão explodir, respingando água quente para todos os lados.**

Na segunda parte do experimento, montamos o modelo mais simples de máquina de Stirling, usando três latas comuns de refrigerante. É conveniente que essa máquina seja montada previamente, pois há momentos que devemos utilizar cola, a qual deve secar para não comprometer a vedação, que é um dos fatores que impede o funcionamento dessa máquina. Se ela for montada corretamente, conforme os passos do roteiro, e não funcionar, há vazamentos de ar!

Para que não haja imprevistos, faça duas máquinas. Uma delas ficará acabada e será colocada em funcionamento no final do experimento. A outra ficará em partes, conforme descrição no roteiro, para que os alunos possam visualizar as partes que compõem a máquina.

Para sanar qualquer dúvida de montagem, veja o vídeo disponibilizado no Youtube, no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=7xfAawnjgY8>

Esse vídeo também serve de referência para responder as questões propostas.

## Anexo 1 – Atividades Práticas do Livro Didático

---

Atividades experimentais selecionadas para serem implementadas com os alunos, compiladas do livro: “Os Fundamentos da Física / Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares. – 10ª ed. – São Paulo: Moderna, 2009”, extraídas no endereço: <http://www.modernaplus.com.br/main.jsp>, do “Portal Moderna Plus”.

### Experimento 1

#### A SENSACÃO TÉRMICA

Encha três bacias com água em temperaturas diferentes: a primeira com água gelada, a segunda com água à temperatura ambiente e a terceira com água quente (cuidado, pois você deverá colocar a mão dentro dela).

Inicialmente, ponha ambas as mãos dentro da bacia do meio.

- Houve diferença na sensação térmica que você teve em cada uma das mãos, em contato com essa água?

Em seguida, coloque a mão direita na água gelada e a mão esquerda na água quente, mantendo-as mergulhadas por cerca de meio minuto.

Findo esse intervalo de tempo, retire-as e volte a colocá-las ao mesmo tempo dentro da bacia do meio.

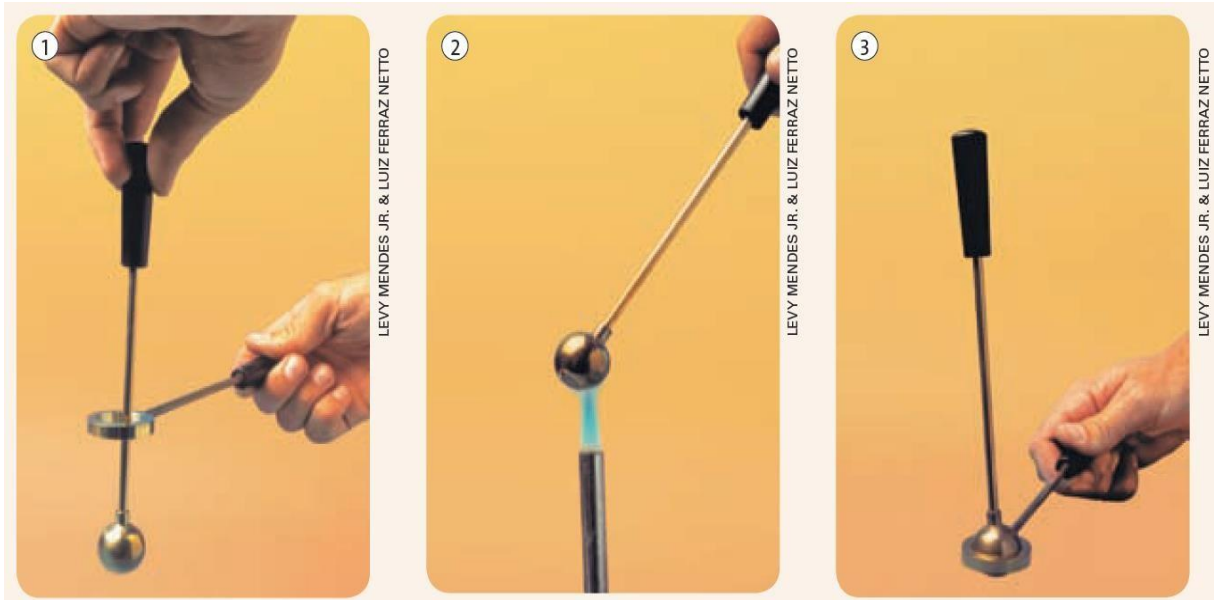
- A sensação que você teve foi a mesma nas duas mãos?
- Descreva a sensação em cada uma de suas mãos ao mergulhá-las na água à temperatura ambiente.
- Explique por que a sensação térmica não é um bom critério para avaliar a temperatura de um sistema.



## Experimento 2

### O ANEL DE GRAVEZANDE

Um dispositivo simples para comprovar experimentalmente o fenômeno da dilatação térmica é o chamado anel de Gravezande, constituído de uma esfera metálica e de um anel feitos do mesmo material.



À temperatura ambiente, a esfera passa facilmente pelo anel (foto 1).

No entanto, se a esfera for aquecida (foto 2), ela sofre dilatação e não mais atravessa o anel (foto 3).

- O que aconteceria se o anel fosse aquecido até atingir a mesma temperatura da esfera?
- Qual seria o resultado da experiência se, em vez de aquecer a esfera, deixássemos o anel algum tempo no congelador?

### Experimento 3

#### DETERMINANDO A CAPACIDADE TÉRMICA DE UM CALORÍMETRO

Consiga um recipiente de isopor pequeno, como o que é usado em restaurantes para manter “gelada” uma garrafa. Esse será o seu calorímetro.

Faça um furo em sua parte superior de modo a permitir a introdução de um termômetro comum de álcool ou mercúrio, graduado de 0 °C a 100 °C.

Inicialmente, coloque cerca de 40 cm<sup>3</sup> de água fria à temperatura T<sub>1</sub>, determinada com o termômetro (cerca de 10 °C), no interior do seu calorímetro.

Em seguida, aqueça aproximadamente 60 cm<sup>3</sup> de água, até que ela atinja uma temperatura T<sub>2</sub>, determinada com o termômetro, inferior a 100 °C (por exemplo, 70 °C).

Despeje, agora, a água quente no calorímetro, feche-o rapidamente e agite-o para misturar as águas no seu interior. Meça, com o termômetro, a temperatura final de equilíbrio T<sub>F</sub>.

Considerando que a densidade da água é 1 g/cm<sup>3</sup>, os volumes misturados (em cm<sup>3</sup>) correspondem numericamente às massas (em gramas). Sendo c = 1 cal/g·°C, o calor específico da água, calcule o módulo das quantidades de calor trocadas pelas duas massas de água.

$$|Q_1| = m_1 \cdot c \cdot (T_F - T_1) \quad \text{Calor recebido por } m_1$$

$$|Q_2| = m_2 \cdot c \cdot (T_2 - T_F) \quad \text{Calor perdido por } m_2$$

A diferença  $\Delta Q = |Q_2| - |Q_1|$  corresponde à quantidade de calor absorvida pelo calorímetro. Calcule-a.

A variação de temperatura do calorímetro será dada por:  $\Delta T = |T_F| - |T_1|$ . Calcule-a.

A capacidade térmica do seu calorímetro será dada pela relação:  $C = \Delta Q / \Delta T$ . Calcule-a.

Repita a experiência mais duas vezes e tire a média aritmética dos resultados. Assim, você obterá um resultado mais próximo do real, compensando eventuais erros cometidos nas determinações.

- Você considera esse valor de capacidade térmica do seu calorímetro alto ou baixo?
- Na determinação do calor específico de um corpo com esse calorímetro, sua capacidade térmica poderia ser desprezada? Por quê?



## Experimento 4

### INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA EBULIÇÃO DA ÁGUA

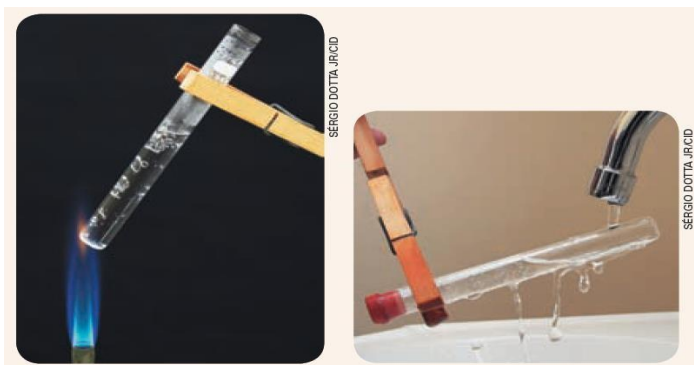
Coloque água até a metade em um tubo de ensaio.

Segurando-o com uma pinça adequada, leve-o ao fogo e espere até que a água comece a ferver.

Nesse momento, retire-o do fogo e tampe-o com uma rolha de borracha.

Em seguida, inverta o tubo e coloque-o sob um filete de água fria de uma torneira.

Observe que a água recomeça a ferver.



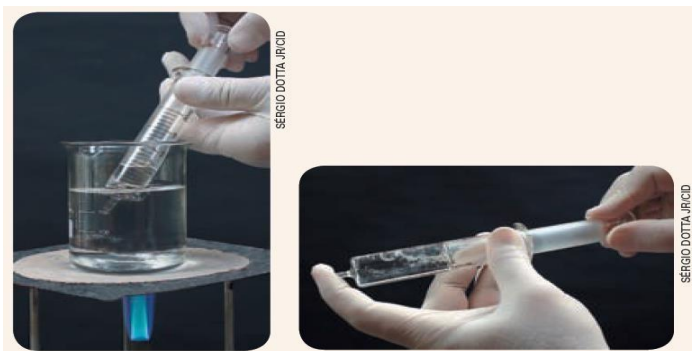
- Explique essa ocorrência com base na influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água.
- É possível associar o ocorrido com a variação do ponto de ebulição da água em relação à altitude? Por quê?

Aqueça água num recipiente, mas não a deixe ferver.

Retire um pouco dessa água com uma seringa comum de injeção.

Em seguida, afaste a seringa do recipiente e, com o dedo, tampe o bico da seringa.

Puxe o êmbolo e observe que a água quente, no interior da seringa, começa a ferver.



- Explique a ocorrência com base na influência da pressão sobre o ponto de ebulição da água.
- Essa experiência pode ser invocada para explicar a variação do ponto de ebulição da água com a altitude? Por quê?