

# UTILIZANDO O EXPERIMENTO NUVEM NA GARRAFA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA EM UMA SALA TEMÁTICA

*Luiza Junger Cassiano*

*Priscila Giacomini Estacio*

*Matheus Braga Pereira*

*Luiz Otavio Buffon*

Instituto Federal do Espírito Santo

## RESUMO

O objetivo deste estudo é testar e demonstrar os conceitos físicos relacionados à temperatura, pressão e à formação de nuvens, de forma a facilitar a compreensão desses temas. Através de uma abordagem prática e lúdica, buscamos proporcionar uma experiência que permita ao observador visualizar e associar os conceitos estudados teoricamente à sua aplicação no cotidiano. A intenção é tornar os princípios físicos mais acessíveis e compreensíveis, aproximando a teoria da prática.

**Palavras chaves:** Temperatura, Pressão, Calor e Formação de nuvens.

## USO DE UMA SALA TEMÁTICA PARA O ENSINO INFORMAL DE FÍSICA

A sala termodinâmica na *Expofísica* tem como objetivo proporcionar uma experiência prática e interativa que ilustre os princípios fundamentais da termodinâmica, como as relações entre temperatura, pressão e volume. Por meio de experimentos ao vivo, como o "nuvem na garrafa", os visitantes podem observar e compreender como a variação desses parâmetros afeta o comportamento da matéria, como no processo de formação de nuvens. A proposta é tornar conceitos complexos mais acessíveis, proporcionando uma abordagem visual e didática que facilita a compreensão dos fenômenos termodinâmicos, aproximando a teoria da prática cotidiana e ampliando a interação do público com os temas abordados.

## CONCEITOS E PRINCÍPIOS FÍSICOS

Para iniciar nossa análise, é essencial diferenciar os conceitos de **calor** e **temperatura**, que, apesar de estarem intimamente relacionados, representam fenômenos distintos. O **calor** refere-se à energia cinética das partículas que compõem uma substância, ou seja, ao movimento de átomos e moléculas. Ele está relacionado à transferência de energia entre corpos ou substâncias com diferentes temperaturas. Sua unidade de medida, conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI), é o **Joule (J)** ou a **caloria**, e foi estabelecido pelo cientista britânico James Prescott Joule, que formulou a famosa relação entre o trabalho mecânico e a transferência de calor.

Já a **temperatura** é uma grandeza escalar que quantifica o nível de agitação das partículas em um sistema, refletindo a intensidade da energia cinética média dessas partículas. A temperatura mede a troca de energia entre os átomos e moléculas até que o sistema atinja o **equilíbrio térmico** — um estado em que a troca de calor entre os corpos envolvidos cessa, pois todos os sistemas estão à mesma temperatura.

Esse conceito de **equilíbrio térmico** é crucial para entender a termodinâmica e pode ser ilustrado pela afirmação de **Resnick, Halliday e Krane (em Física 2, 5ª edição)**, que descrevem: *"Existe uma grandeza escalar chamada de Temperatura, que é uma propriedade de todos os sistemas termodinâmicos em equilíbrio. Dois sistemas estão em equilíbrio térmico se e somente se as duas temperaturas são iguais."* Essa definição é fundamental, pois sugere que a **temperatura** não é apenas uma medida de energia, mas também um indicador do **estado de equilíbrio** entre diferentes sistemas. Assim, o conceito de **temperatura** não se limita a uma simples quantificação, mas implica na ideia de um **ponto de equilíbrio** entre os sistemas que estão trocando calor, o que se reflete na observação de fenômenos naturais, como a troca de calor entre o ar e a água no processo de formação de nuvens.

Além disso, a **pressão** é outra grandeza escalar de grande importância, que mede a força aplicada perpendicularmente a uma superfície. A pressão é calculada pela fórmula:

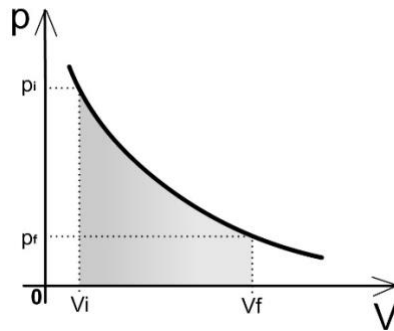
$$P = F / A$$

onde **P** é a pressão, **F** é a força aplicada e **A** é a área sobre a qual a força é distribuída. A unidade de pressão no Sistema Internacional (SI) é o **Pascal (Pa)**, equivalente a Newtons por metro quadrado (N/m<sup>2</sup>). Outras unidades comuns de pressão incluem a **atmosférica (atm)**, o **bar**, o **milímetro de mercúrio (mmHg)** e a **libra por polegada (psi)**. A pressão é fundamental para entender fenômenos naturais e os processos que envolvem gases, líquidos e a atmosfera.

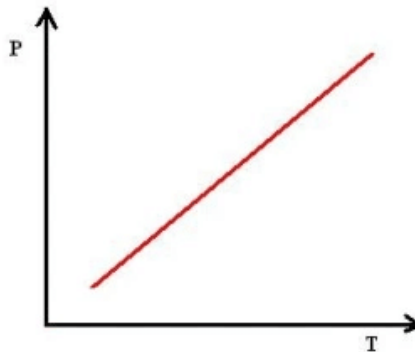
A **formação de nuvens** é um exemplo clássico de fenômeno físico que envolve a interação entre temperatura, pressão e volume. Ela ocorre quando o ar é resfriado até atingir o ponto de condensação da água, um processo que depende da expansão e resfriamento do ar à medida que sobe na atmosfera. O processo de formação das nuvens pode ser descrito da seguinte maneira:

1. O sol aquece a água nos rios, lagos e oceanos, promovendo sua **evaporação**.
2. O vapor de água sobe para a atmosfera, onde, ao encontrar camadas de ar mais frio, começa a se **condensar**.
3. Quando o vapor atinge o **ponto de orvalho** — a temperatura em que o ar fica saturado de vapor de água — as gotículas de água começam a se formar, resultando em nuvens. O ponto de orvalho é, assim, um indicativo de saturação do ar, e sua compreensão é essencial para entender fenômenos como a condensação.

Esses fenômenos podem ser melhor compreendidos quando analisamos a interação entre temperatura, pressão e volume dos gases, que segue princípios fundamentais da termodinâmica. No primeiro gráfico, observamos que, ao aumentar a **pressão**, o **volume** do gás diminui, conforme a **Lei de Boyle  $P \times V = k$** .



No segundo gráfico, a relação entre **pressão** e **temperatura** também é clara: quanto maior a pressão, maior será a temperatura do sistema, o que é descrito pela **Lei de Gay-Lussac**  $P/T = k$



## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a realização do experimento "Nuvem na Garrafa", foram necessários os seguintes materiais:

- Uma garrafa PET;
- Uma rolha de cortiça;
- Uma bomba de ar manual (do tipo utilizada para encher bolas);
- 10 ml de álcool.

A preparação dos materiais é essencial para garantir a precisão e a qualidade do experimento. Primeiramente, a garrafa deve ser higienizada e completamente seca por dentro, para evitar qualquer interferência que possa comprometer o resultado. A rolha de cortiça deve ter o tamanho adequado para vedar completamente a boca da garrafa, garantindo que não haja passagem de ar durante o experimento.

Com os materiais prontos, o procedimento segue os seguintes passos:

1. **Preparação da garrafa:** Perfuramos a rolha com a agulha da bomba de ar e adicionamos cerca de 10 ml de álcool dentro da garrafa. Em seguida, a garrafa deve ser fechada com a tampa original.

2. **Agitação inicial:** Para garantir que o álcool se misture ao ar dentro da garrafa, agite o recipiente suavemente. Isso faz com que pequenas partículas de álcool se dispersem no ar dentro do frasco.
3. **Fechamento e pressurização:** Retire a tampa da garrafa com rapidez e coloque a rolha perfurada com a agulha da bomba. Com a rolha bem fixada, comece a injetar ar na garrafa utilizando a bomba manual. À medida que o ar é comprimido, a pressão interna da garrafa aumenta.
4. **Observação das mudanças físicas:** De acordo com a lei dos gases, ao aumentar a pressão dentro do recipiente, o volume diminui, o que provoca um aumento na temperatura. Esse aumento de temperatura resulta na evaporação do álcool que se encontra dentro da garrafa. O recipiente se torna rígido, indicando que a pressão interna está elevada.
5. **Despressurização e formação da nuvem:** Após observar que a garrafa está firmemente vedada e pressurizada, retire novamente a rolha com cuidado. Nesse momento, ocorre uma queda brusca de temperatura e pressão, seguida de um aumento de volume. Essa rápida mudança nas condições internas faz com que o vapor de álcool se condense, formando uma nuvem visível dentro da garrafa.

## **UTILIZAÇÃO DE UMA SALA TEMÁTICA PARA O ENSINO INFORMAL DE TERMODINÂMICA**

A proposta de utilizar uma sala temática como ambiente para o ensino informal de termodinâmica visa promover a interação ativa entre os alunos e o conteúdo, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais envolvente e significativa. Nesse contexto, recomenda-se que a apresentação do experimento ocorra antes de sua explicação, permitindo que os alunos se engajem diretamente com o material de estudo. O papel do mediador, nesse caso, é o de facilitar o diálogo e incentivar a participação do público, sem se limitar a ser apenas um transmissor de informações. Dessa forma, os alunos tornam-se protagonistas do processo, contribuindo para a construção do conhecimento. Este tipo de abordagem contribui para uma aprendizagem mais descontraída e significativa, visto que a associação entre os conceitos teóricos e a prática experimental se torna mais fácil quando os alunos participam ativamente da resolução do experimento.

Durante a demonstração do experimento “Nuvem na Garrafa”, o mediador pode solicitar o auxílio dos visitantes, demonstrando inicialmente o processo e, em seguida, permitindo que eles repitam o experimento sob sua supervisão. Para garantir um bom resultado, recomenda-se que o experimento seja realizado por duas pessoas: uma encarregada de segurar a garrafa e a outra responsável pelo manuseio da bomba de ar. Além disso, o mediador deve fornecer orientações de segurança não apenas aos envolvidos diretamente no experimento, mas também ao público em geral, que poderá tentar reproduzir a experiência por conta própria. Algumas dessas orientações incluem cuidados específicos quanto ao manuseio do equipamento e dos materiais utilizados.

É fundamental que o mediador destaque os riscos associados ao experimento, como a alta pressão interna da garrafa. A rolha deve ser bem fixada durante o processo de pressurização, pois, se não for mantida adequadamente no lugar, pode se projetar com força para o ambiente, representando risco de lesões para os observadores e para os

apresentadores. A garrafa não deve ser mantida na altura do rosto para evitar acidentes. Além disso, o álcool utilizado no experimento é uma substância volátil e inflamável, o que exige cuidados especiais com relação à sua manipulação, evitando o contato com os olhos, pele ou fontes de ignição, como equipamentos eletrônicos e fogo.

Durante o processo experimental, o mediador pode também promover questionamentos que incentivem a reflexão dos alunos sobre o que está acontecendo. Algumas perguntas que podem ser feitas incluem:

- "Perceberam que, no início, quando começamos a injetar o ar, a bomba manual se movia mais facilmente e exigia menos força? E agora, após um tempo, ela se tornou mais difícil de manusear? Vocês entendem o porquê?"
- "O que aconteceu com o álcool dentro da garrafa? Alguém consegue explicar como a nuvem foi formada?"

Essas questões não apenas provocam o pensamento crítico dos alunos, mas também permitem que o mediador conduza a conversa de forma a integrar conceitos de termodinâmica, como os efeitos da pressão e temperatura sobre os gases e a formação de nuvens.

A explicação sobre a formação das nuvens também oferece uma excelente oportunidade para corrigir concepções errôneas comuns. Muitos alunos têm a ideia equivocada de que as nuvens são compostas exclusivamente por gases. Aproveitar o momento para explicar que as nuvens na natureza são, na verdade, formadas por gotículas de água ou cristais de gelo pode esclarecer esse ponto. A comparação com o experimento, que simula esse fenômeno de forma visual, facilita a compreensão dos processos de condensação e evaporação.

Durante a discussão, é provável que os alunos apresentem algumas dúvidas, como:

- "E se aumentássemos a quantidade de álcool, a nuvem seria maior e mais visível?"
- "O experimento precisa ser feito com álcool, ou podemos usar água no lugar?"

Essas questões oferecem uma excelente oportunidade para explicar a relação entre o tipo de substância utilizada e a eficiência do experimento. O processo de formação da nuvem ocorre devido à evaporação do álcool, que, ao ser comprimido, evapora e, posteriormente, se condensa com a queda súbita de temperatura. Caso se utilizasse água, a evaporação seria muito mais difícil devido ao alto **calor específico** da água, ou seja, a água requer uma quantidade significativamente maior de energia para alterar seu estado físico. Além disso, o alto calor específico da água dificultaria a condensação rápida necessária para observar o fenômeno de forma visível. O álcool, por ter um calor específico menor, é mais adequado para esse experimento, permitindo que a mudança de estado físico aconteça de forma mais eficiente e visível. Explicar essas diferenças ajuda os alunos a compreenderem os fatores que influenciam o sucesso do experimento e a reconhecer a importância da escolha adequada dos materiais.

## EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA DOS FENÔMENOS

O experimento "Nuvem na Garrafa" ilustra de forma prática e visual conceitos fundamentais da termodinâmica, como a relação entre pressão, temperatura e volume dos gases. A seguir, apresentamos a explicação científica dos fenômenos observados durante o experimento.

Inicialmente, 10 mililitros de álcool são colocados dentro da garrafa PET, e a garrafa é vedada com uma rolha de cortiça. O movimento de agitar a garrafa tem como objetivo dispersar o álcool no interior do recipiente, promovendo sua evaporação. Este é um passo crucial, pois a evaporação do álcool gera um vapor que estará presente no ar dentro da garrafa e desempenha um papel fundamental nas mudanças de temperatura e pressão que ocorrem posteriormente.

Ao injetar ar na garrafa com a bomba manual, a pressão interna começa a aumentar. Segundo a Lei de Boyle ( $P \times V = k$ ), o aumento da pressão em um volume fixo leva a um aumento da temperatura do sistema, conforme descrito pela Lei de Gay-Lussac ( $P/T = k$ ). Assim, à medida que a pressão aumenta dentro da garrafa, observa-se simultaneamente um aumento da temperatura interna.

No momento em que a rolha é mantida firmemente no lugar, o sistema encontra-se em uma condição de alta pressão e temperatura. Quando a rolha é removida, ocorre uma redução abrupta da pressão interna da garrafa. Essa diminuição de pressão, aliada à queda súbita de temperatura, resulta em uma mudança no estado do vapor de álcool, que condensa e se transforma em gotículas visíveis, formando a "nuvem" dentro da garrafa. Esse fenômeno ocorre devido ao resfriamento rápido do vapor, que atinge seu ponto de condensação, transformando-se de gás para líquido.

Se a rolha for recolocada na garrafa e a bomba de ar for utilizada novamente para injetar ar, a pressão interna do sistema aumentará novamente, assim como a temperatura. O álcool voltará a evaporar devido ao aumento da temperatura. Ao remover novamente a rolha, a redução de pressão causará nova condensação do vapor de álcool, resultando na formação de uma nova nuvem. Esse ciclo de compressão e descompressão, combinado com as variações de temperatura, permite que o fenômeno da condensação seja repetido várias vezes, demonstrando de forma clara e visual os efeitos das mudanças de pressão e temperatura sobre a matéria.

## CONCLUSÃO

O experimento "Nuvem na Garrafa" se revela uma ferramenta didática eficaz para a introdução de conceitos fundamentais da termodinâmica, como as relações entre pressão, temperatura e volume dos gases. Através de sua execução, é possível observar de maneira clara e visual fenômenos como a compressão e a expansão dos gases, a mudança de estado físico do álcool e a formação de uma nuvem, fenômeno que simula, de maneira simplificada, processos atmosféricos naturais.

Além de sua função explicativa, o experimento oferece uma abordagem prática e interativa, em que os alunos se tornam protagonistas do aprendizado. Ao participarem ativamente da execução do experimento e refletirem sobre os fenômenos observados, os alunos são incentivados a estabelecer conexões entre a teoria e a prática, o que facilita a fixação do conteúdo e a compreensão dos conceitos de física de maneira concreta. O mediador, atuando como facilitador, tem um papel fundamental nesse

processo, promovendo a discussão e o pensamento crítico, além de garantir a segurança durante a execução do experimento.

Por meio dessa metodologia, que prioriza a experimentação e a reflexão conjunta, é possível transformar o ensino da física em uma experiência mais envolvente e significativa. Assim, o "Nuvem na Garrafa" não só reforça o entendimento dos conceitos termodinâmicos, como também proporciona uma abordagem mais lúdica e acessível ao conhecimento científico, favorecendo um aprendizado mais eficaz e memorável para os alunos.

## REFERÊNCIAS:

**RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S.; STANLEY, Paul Elliot.** *Física 2*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 339 p. ISBN 9788521613688.

**RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Jearl.** *Fundamentos de Física: Termodinâmica*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

**JOULE, James Prescott.** *On the Mechanical Equivalent of Heat*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, v. 140, p. 61-82, 1850.

**HALLIDAY, David; RESNICK, Robert.** *Fundamentals of Physics: Extended Version*. 10. ed. Hoboken: Wiley, 2013.

**BRASIL ESCOLA.** *Física - Conceitos e Teorias*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/>. Acesso em: 11 dez. 2024.

**MUNDO EDUCAÇÃO.** *Física - Principais Conceitos e Teorias*. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/>. Acesso em: 11 dez. 2024.

**MANUAL DO MUNDO.** *Canal do YouTube*. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/ManualdoMundo>. Acesso em: 11 dez. 2024.