



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

RUBENS ANTÔNIO DA SILVA

**TERMÔMETRO DE GÁS A VOLUME CONSTANTE COMO FERRAMENTA
DE ENSINO APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA
TERMODINÂMICA**

Caruaru

2018

RUBENS ANTÔNIO DA SILVA

**TERMÔMETRO DE GÁS A VOLUME CONSTANTE COMO FERRAMENTA
DE ENSINO APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA
TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Camelo Neto

Caruaru

2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586t Silva, Rubens Antônio da.
Termômetro de gás a volume constante como ferramenta de ensino aprendizagem dos conceitos fundamentais da termodinâmica. / Rubens Antônio da Silva. – 2018. 66f.; il.: 30 cm.

Orientador: Gustavo Camelo Neto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2018.
Inclui Referências.

1. Física - Experiências. 2. Termodinâmica. 3. Aprendizagem. 4. Ensino fundamental – Vitória de Santo Antão (PE). I. Camelo Neto, Gustavo (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2018-373)

RUBENS ANTÔNIO DA SILVA

**TERMÔMETRO DE GÁS A VOLUME CONSTANTE COMO FERRAMENTA
DE ENSINO APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA
TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Camelo neto
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador Interno)

Prof. Dr. Mário Jorge Guimarães Rocha Neto
Instituto Federal de Pernambuco – IFPE (Examinador Externo)

Dedico esse trabalho a minha família e amigos, em especial à minha esposa Thamires Priscilla pela paciência e compreensão nos momentos em que estive ausente me dedicando a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida.

À UFPE/Centro Acadêmico do Agreste (CAA), a Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A todos os professores do MNPEF da UFPE/CAA, em que tive o prazer de conhecer e de aprender muito com eles.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Camelo Neto por sua dedicação, paciência e pela oportunidade de compartilhar comigo seus conhecimentos, fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas do curso, em especial a minha turma de 2016 pela convivência durante todo esse tempo.

Aos membros da banca, por participarem e opinarem neste trabalho, dando sua honrosa contribuição.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Obrigado!

RESUMO

Neste trabalho, buscamos analisar uma alternativa metodológica para inserção de conceitos científicos relacionados aos fenômenos térmicos e hidráulicos em sala de aula, por meio de um termômetro de gás cujo volume permaneça constante. A pesquisa foi desenvolvida com alunos do nono ano do ensino fundamental em um colégio localizado na cidade de Vitória de Santo Antão/PE. Foi realizado um experimento com o objetivo principal de determinar uma relação matemática envolvendo parâmetros conhecidos e de referências, para calcular temperaturas de interesse, como exemplo, a temperatura ambiente. O experimento é de baixo custo, formado por um bulbo de plástico, obtido de uma boia de descarga sanitária, conectado a um tubo de PVC flexível preenchido com água. Com a variação da altura da coluna de água, conforme a temperatura do sistema pode-se compará-los aos valores teóricos. A observação e análise dessas intervenções se dão a partir dos resultados das atividades com os alunos, revelando a motivação e a fácil compreensão dos mesmos sobre o conteúdo abordado, permitindo uma forma alternativa de ensino. A presente proposta da sequência didática para as atividades de Física baseado no experimento corrente, foi elaborada de forma que os estudantes possam trabalhar de maneira coletiva, em equipe, uma benéfica metodologia onde prevalece o instinto cooperativo, ajudando a atingir os avanços na construção do conhecimento e na consolidação dos conteúdos apreendidos em Física.

PALAVRAS-CHAVE: Experimento. Termodinâmica. Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

In this work we analyze a methodological alternative for the insertion of scientific concepts on the physical characteristics of thermal and hydraulic phenomena in the classroom, by means of a gas thermometer whose volume remains constant. The research was carried out with students from the ninth year of elementary grade in a school located in the city of Vitória de Santo Antão / PE. An experiment was employed with the aim to determine a mathematical relation among known parameters and several temperatures of interest, for example the room temperature. It is low cost experiment, formed by a plastic bulb, obtained from a sanitary discharge float, connected to a PVC flexible pipe filled with water. With the variation of the height of the water column it was possible to compare them with the theoretical values. The observation and analysis of these interventions are based on the results of the activities with the students, revealing higher motivation and better understanding of the content addressed. The present proposal of the didactic sequence for the activities of teaching based on the current experiment was elaborated so that the students can work collectively, in team, a beneficial methodology that prevails the cooperative instinct, helping to reach the advances in the construction of the knowledge and in the consolidation of the contents seized in Physics.

KEYWORDS: Experiment. Thermodynamics. Meaningful learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	Princípio de Pascal em uma prensa hidráulica.....	17
FIGURA 2 -	Relação entre as escalas termométricas.....	21
FIGURA 3 -	Gravura do termoscópio de Galileu.....	23
FIGURA 4 -	Termômetro de Gás a Volume Constante.....	24
FIGURA 5 -	Aparato experimental.....	26
FOTOGRAFIA 1 -	Grupo de alunos realizando a atividade com o aparato experimental.....	29
FOTOGRAFIA 2 -	Grupo respondendo o questionário experimental.....	31
FIGURA 6 -	Relação entre as temperaturas conhecidas e os níveis da camada líquida.....	32
GRÁFICO 1 -	Questionário de avaliação da proposta didática.....	34
GRÁFICO 2 -	Questionário de avaliação de termodinâmica e hidrostática.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	11
1.2	ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA.....	13
1.3	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TERMODINÂMICA.....	14
1.3.1	Pressão Exercida por um Fluido.....	15
1.3.2	Princípio de Pascal.....	17
1.3.3	Temperatura, Calor e Escalas Termométricas.....	19
1.3.4	Gás Ideal Clássico.....	22
1.3.5	Termômetro de Gás a Volume Constante.....	23
2	USO DO TERMÔMETRO DE GÁS A VOLUME CONSTANTE COMO INSTRUMENTO DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	25
2.1	PRODUTO EDUCACIONAL.....	25
2.1.1	O Experimento.....	25
2.1.2	A Proposta Didática.....	26
2.1.3	Guia do Aluno e do Professor.....	26
2.2	PROPOSTA METODOLÓGICA.....	27
2.2.1	A Escola e a Turma do Projeto.....	27
2.2.2	Relato da Aplicação da Proposta Didática.....	28
2.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31
2.3.1	Obtenção da Temperatura Ambiente.....	31
2.3.2	Avaliação da Pesquisa de Opinião.....	33
2.3.3	Avaliação do Questionário Experimental.....	39
3	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	43
	REFERÊNCIAS.....	45
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	47
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO EXPERIMENTAL.....	53
	APÊNDICE C – GUIA DE MONSTAGEM, UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO.....	59

1 INTRODUÇÃO

A busca por práticas diferenciadas de ensino tem motivado professores a atualizar cada vez mais suas metodologias pedagógicas e didáticas (GARCIA, 1999). O principal objetivo para essas inovações é motivar os alunos e abordar de forma mais clara, simples e significativa os conceitos e ideias que revolucionaram o desenvolvimento científico. Segundo esse raciocínio e tendo como objetivo acrescentar mais uma alternativa neste processo de aprendizado, foi elaborada uma atividade experimental que envolve conceitos físicos de Termodinâmica e Hidrostática.

Já nos anos finais do ensino fundamental, os alunos começam a ter os primeiros conhecimentos sobre a Física, com suas leis e aplicações no cotidiano (MEC/SEF, 1998), posteriormente no ensino médio, eles revisam e seguem estudando e aprofundando esses conceitos. O experimento elaborado verifica uma relação empírica que permite a medição de temperaturas de uma forma geral, mais especificamente, no nosso caso, foi mensurada a temperatura ambiente, através do estudo do comportamento da pressão exercida por um gás mantendo-se seu volume constante. Para isso, foi utilizado um sistema composto de um barômetro de água acoplado a um recipiente contendo ar. O ar, mantido a volume constante, funciona como substância termométrica.

Além de propor uma abordagem mais significativa sobre conceitos utilizados no experimento, nosso trabalho se baseia na ideia de utilizar materiais e montagens de baixo custo. Isso é extremamente importante, levando-se em conta os escassos recursos disponíveis, principalmente nas escolas públicas, para montagem e manutenção de laboratórios de ensino bem equipados. Dessa maneira, acreditamos que o professor será capaz de, ele próprio ou com ajuda da gestão escolar, montar o equipamento.

A pesquisa tem por objetivo desenvolver um aparato acessível aos profissionais de ensino e disponibilizar um guia para montagem e utilização, que servirá de apoio à adoção desta proposta pelos interessados em utilizar em aulas de Física, como elemento motivador e facilitador da aprendizagem por meio da interatividade dos estudantes.

Através da análise das respostas dadas pelos alunos aos questionários avaliativos, buscou-se verificar se a proposta experimental apresenta as características desejadas de inovação e interatividade e, com isso, elaborar uma sequência didática sobre termodinâmica utilizando o experimento de gás a volume constante que sirva de auxílio para estudar a relação entre pressão e volume de um gás, trabalhar a relação da temperatura com a variação da coluna líquida utilizada no experimento e entender as características dos fluídos.

Buscando alcançar tais objetivos, o presente trabalho está estruturado em três capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se a introdução do tema, o problema de pesquisa, a explanação dos objetivos e o referencial teórico em que se baseia a presente pesquisa. O segundo capítulo trata do desenvolvimento do produto educacional, versando a montagem e a aplicação do produto. Aborda a metodologia que foi utilizada para a elaboração da sequência didática proposta neste trabalho e traz a avaliação da proposta didática com a análise dos resultados. O Terceiro capítulo apresenta as conclusões e as perspectivas, o capítulo finaliza com as referências. Por fim, os apêndices faz referência, respectivamente, ao questionário de avaliação da proposta didática, ao questionário experimental e o guia de montagem, utilização e aplicação do material produzido.

1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é uma maneira de adquirir novos conhecimentos, correlacionando-os com conhecimentos formais previamente aprendidos, focando na compreensão e no significado, evitando a mera memorização sistemática. Em outras palavras, o professor precisa utilizar o que o aluno já sabe para introduzir conceitos novos (AUSUBEL, 1980; MOREIRA, 2011).

A utilização da aprendizagem significativa como estratégia no processo de ensino aprendizagem, deverá estar sustentada em informações e conceitos relevantes, já existentes, para que os novos conteúdos façam sentido ao aluno.

Isto é, os novos conhecimentos devem se associar com os conhecimentos prévios que o aluno possui de um determinado conteúdo.

Esses conhecimentos prévios são conhecidos como subsunçores, que servirão como ancoradouros para novos conhecimentos. A existência dos subsunçores é, portanto, fundamental para a aprendizagem significativa, sendo assim, necessário um encadeamento estratégico dos conteúdos, para que sempre sejam formados os subsunçores necessários para os conhecimentos futuros.

Nas palavras de Moreira,

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles (MOREIRA, 2011).

Caso o estudante não possua subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, o professor precisa utilizar organizadores prévios, ou seja, elementos cognitivos abstratos, gerais, que podem ser alcançados através de um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação (MOREIRA, 2011). Em outras palavras, o organizador prévio deve ser algo que familiarize o aluno para, a partir desse ponto, adicionar novos conhecimentos à estrutura cognitiva.

A evolução natural dos estudantes através da grade escolar deveria, em tese, preparar os subsunçores necessários para os novos conhecimentos. Entretanto, a experiência mostra que em muitas escolas, principalmente as públicas, as políticas educacionais estão mais voltadas para o cumprimento de metas objetivas, pouco correlacionadas com a verdadeira compreensão do estudante aos assuntos de cada nível escolar. Há cobranças relacionadas ao aumento da aprovação e redução da retenção, sem um incentivo para que o professor possa desenvolver atividades extracurricular ou extraclasse com o objetivo de melhorar a compreensão dos estudantes. Com isso, muitas vezes, os estudantes avançam de um nível escolar para o próximo sem terem,

realmente, solidificado os conhecimentos que servirão como subsunçores para os assuntos do novo nível.

A falta de subsunçores pode, certamente, desmotivar o estudante, tornando o aprendizado cada vez mais difícil, e aparentando que os novos conteúdos são cada vez mais afastados da realidade e da sua necessidade cotidiana. Antes de mais nada, é de fundamental importância que haja uma predisposição do aluno em aprender, caso contrário nenhuma metodologia de ensino terá sucesso. É necessário, portanto, um planejamento adequado da aula, envolvendo situações familiares e que possam motivar os estudantes ao aprendizado. Situações curiosas, contextualizações cotidianas, atividades lúdicas e atividades experimentais. Muitas vezes, um experimento elementar, como uma simples medição da temperatura ambiente, pode despertar a curiosidade e a discussão.

1.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

A utilização de experimentos interativos e simplificados como ferramenta de ensino é defendida por professores e por pesquisadores da área educacional (ARAÚJO, 2003), facilitando o processo de ensino-aprendizagem e proporcionando um caráter investigativo e de reflexão à respeito dos fenômenos estudados (HODSON, 1994). Interagindo com o experimento, o estudante tem acesso a uma série de informações que normalmente não são discutidas explicitamente nos livros e nem nas aulas tradicionais. Por exemplo, o material do qual são feitas as peças que compõem o sistema físico, as complicações inerentes ao processo experimental, como erros de medidas, a possibilidade imediata de testar hipóteses, como por exemplo, se a massa de um bloco que desliza em um plano inclinado for maior, o bloco escorrega mais rapidamente ou mais lentamente? Acreditamos que a própria análise visual da montagem experimental já conecta o estudante a uma cadeia de subsunçores e organizadores prévios necessários para a compreensão dos conceitos teóricos que precisarão ser dominados para explicar os fenômenos envolvidos.

A atividade experimental pode, também, ser introduzida após a apresentação de um novo conceito teórico com o objetivo de ilustrar o que foi apresentado em sala de aula, neste caso, a investigação experimental ilustra possíveis explicações científicas para os fenômenos estudados (CARVALHO, 2014). De qualquer maneira, os estudantes assumem uma postura mais ativa no processo de ensino-aprendizagem, sendo necessário interagir com o experimento e com seus colegas, elaborar hipóteses e procurar informações à respeito dos fenômenos observados, coletar e analisar dados; tudo isso colaborando para desenvolver suas habilidades cognitivas. Por outro lado, o professor se torna um orientador, procurando estabelecer uma relação racional entre os resultados experimentais e a explicação advinda do modelo teórico que está sendo considerado.

1.3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TERMODINÂMICA

A termodinâmica é a teoria que estuda, sempre nos estados de equilíbrio, os processos e as interações da matéria em escala macroscópica (CALLEN, 1985). Ela se desenvolveu de maneira empírica, à partir de observações experimentais extremamente práticas. Por exemplo, quando se coloca um objeto no fogo é percebido que ele fica mais quente; ou seja, quando um objeto frio é colocado em contato (interação) com um objeto mais quente, o mais frio se aquece enquanto o mais quente esfria (processo). As noções de quente e frio, que podem ser usadas como organizadores prévios, estão relacionadas à sensação térmica, sendo fundamentais para a compreensão da ideia de temperatura.

Os avanços da termodinâmica se deram em paralelo, influenciando e sendo influenciados pela revolução industrial. A ideia de calor, hoje reconhecido como uma forma de energia cinética microscópica, surgiu com uma espécie de fluido, que flui do corpo quente para o corpo frio, fazendo com que a temperatura de ambos varie; a do corpo quente diminui, enquanto a do corpo frio aumenta. É comum utilizar o termo “energia em trânsito” para se referir ao fluxo de calor, embora, rigorosamente, o trabalho mecânico também

seja uma forma de trânsito de energia. De fato, o grande avanço da termodinâmica ocorreu com a descoberta da equivalência entre calor e trabalho mecânico (OLIVEIRA, 2005); o fluxo de calor estando relacionado à diferença de temperatura, enquanto o fluxo de trabalho mecânico está relacionado com a diferença de pressão.

1.3.1 Pressão exercida por um fluido

Fluidos são substâncias que possuem a propriedade de escoar, fluir, através de obstáculos, são distintos dos sólidos por que não possuem forma estável, adquirindo a forma do ambiente onde estão contidos. Os fluidos podem ser líquidos ou gases e possuem uma certa viscosidade, que está relacionada às forças de atrito internas ao longo do movimento do fluido. Os fluidos ideais não apresentam viscosidade (HALLIDAY, 2016, LANDAU, 1987).

As principais características termodinâmicas de um fluido são sua densidade e a pressão que exercem nas paredes do ambiente e entre si. A densidade mede a razão entre a quantidade de matéria que ocupa uma determinada região do espaço e o volume dessa região. Portanto,

$$\rho = \frac{N}{V} \quad (1)$$

onde N é o número de mols de fluido na região de volume V . Para ser mais preciso e definir a densidade do fluido em um dado ponto, é conveniente medir a relação entre n e v quando o volume se tornar infinitesimal, assim, para um fluido contínuo,

$$\rho = \frac{dN}{dV} \quad (2)$$

onde, dN é uma porção muito pequena de matéria contida em um volume dV , também muito pequeno, em torno de um ponto de interesse.

A densidade pode, e normalmente é no ensino médio, ser medida em termos da massa,

$$\rho = \frac{dm}{dV} \quad (3)$$

a massa está classicamente relacionada à quantidade de matéria através de,

$$(dm) = N_a \cdot dn$$

onde N_a é número de Avogrado, $N_a = 6,022 \times 10^{23}$, ou seja, o número de átomos ou moléculas em um mol de qualquer substância.

A pressão, por sua vez, é uma propriedade mecânica que está relacionada às forças exercidas em uma superfície. A pressão média exercida por uma força de módulo F sobre uma superfície de área A é definida como a razão,

$$p = \frac{F}{A} \quad (4)$$

onde se deve tomar a componente normal da força agindo na superfície.

De modo análogo à densidade, é possível definir a pressão em pontos específicos da superfície, para tanto, é necessário verificar a força exercida em áreas cada vez menores em torno do ponto de interesse na superfície. Assim,

$$p = \frac{dF}{dA} \quad (5)$$

onde dF é uma força muito pequena agindo numa área dA muito pequena da superfície em torno de um ponto de interesse.

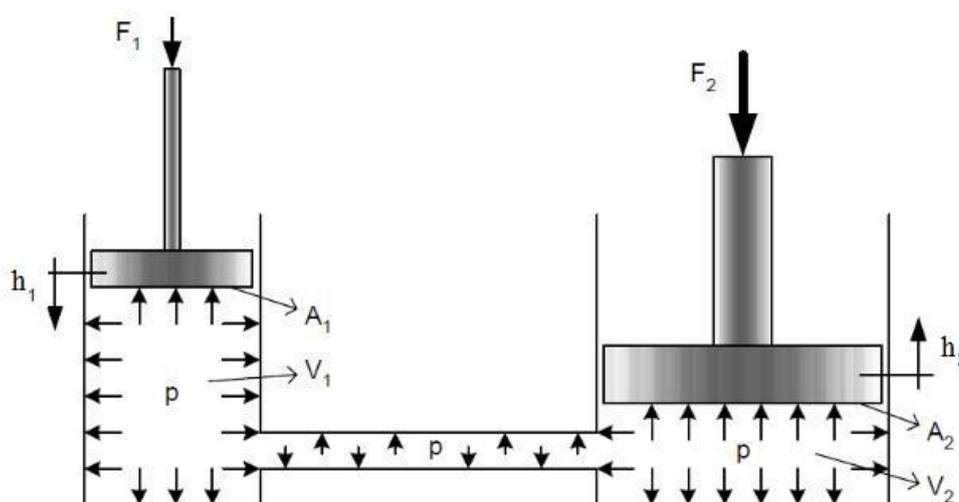
Um fluido contido exerce pressão sobre as paredes do recipiente que o contém, contudo, essa pressão também é exercida em pontos do interior do fluido, portanto, para medir essa pressão interna, é necessário adotar um pequeno elemento de volume, em torno do ponto de interesse, e verificar a pressão exercida pelo fluido no interior de cada parede desse volume elementar. Para um fluido em equilíbrio, é necessário que a pressão seja a mesma em qualquer ponto da superfície do elemento de volume, caso contrário as forças em faces opostas não se anulariam e o elemento de volume não permaneceria em repouso, indicando um escoamento do fluido. Assim,

assumindo o fluido em equilíbrio estático e tomando o limite em que o elemento de volume se torna infinitesimal, podemos adotar o valor comum da pressão em cada face como sendo a pressão do fluido no ponto central do elemento de volume, essa pressão é chamada de pressão hidrostática.

1.3.2 Princípio de Pascal

A variação de pressão num ponto de um fluido em equilíbrio é transmitida, integralmente, a todos os pontos do fluido, ou seja, todos os pontos internos sofrem a mesma variação de pressão (MOYSÉS, 1997). Isso ocorre porque, para manter o equilíbrio, a pressão em todos os pontos deve ser a mesma, caso contrário o fluido estará mudando sempre seu estado de movimento. Assim, qualquer acréscimo de pressão, após decorrido um transiente, onde o fluido fica temporariamente fora do equilíbrio, a pressão estabiliza, de modo que esse acréscimo de pressão é transmitido para todos os pontos das paredes do recipiente. Por exemplo, no freio hidráulico de um veículo, a pressão exercida pelo motorista no pedal se propaga até as rodas através de um líquido, denominado fluido de freio, assim como acontece na prensa hidráulica.

FIGURA 1 - Princípio de Pascal em uma prensa hidráulica.



FONTE: CESGRANRIO (2014)

A Figura 1 apresenta o princípio de Pascal observado em uma prensa hidráulica. A prensa hidráulica utiliza o princípio de Pascal para multiplicar a força exercida. A pressão (p) no interior do fluido depende da pressão atmosférica (p_0), da gravidade (g), da massa específica (ρ) e da altura do pistão através da relação matemática conhecida como Lei de Stevin:

$$p = p_0 + \rho gh \quad (6)$$

com isso, observando a figura 1 e com base na equação 6, tem-se:

$$p_1 = p_0 + \rho gh \quad (7)$$

onde p_1 é o acréscimo a pressão exercida no pistão 1 pela força aplicada F_1 . Assim, em relação à situação em que não havia força, há um acréscimo de pressão, no fluido imediatamente abaixo do pistão 1.

$$p_1 - p_0 = \rho gh \quad \Rightarrow \quad \Delta p_1 = \rho gh \quad (8)$$

da mesma forma para um ponto 2, tem-se,

$$p_2 = p_0 + \rho gh \quad (9)$$

$$p_2 - p_0 = \rho gh \quad \Rightarrow \quad \Delta p_2 = \rho gh \quad (10)$$

em que p_1 é a pressão do líquido na superfície 1 e p_2 é a pressão exercida pelo líquido na superfície 2.

De acordo com o princípio de Pascal, o acréscimo em todos os pontos do fluido, após atingido o novo estado de equilíbrio deve ser o mesmo, assim,

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \quad (11)$$

da equação 5 com a equação 11, tem-se,

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (12)$$

em que, F_1 e F_2 são as forças sendo aplicadas, respectivamente, nas superfícies A_1 e A_2 .

Como, de acordo com a figura 1, a área A_2 é maior que a área A_1 , teremos que,

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 \quad (13)$$

portanto, $F_2 > F_1$. Ou seja, a força F_1 é multiplicada pela razão A_2/A_1 , sendo transferida uma força F_2 para o pistão secundário. Para um líquido incompressível, o deslocamento do êmbolo 1 para baixo desloca o êmbolo 2 para cima. De modo que o volume deslocado pelos dois êmbolos é o mesmo. Ou seja,

$$V_1 = V_2$$

contudo, podemos relacionar o volume de fluido deslocado com o deslocamento dos êmbolos e suas respectivas áreas.

$$A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2 \rightarrow \frac{A_2}{A_1} = \frac{h_1}{h_2} \quad (14)$$

no entanto, para a figura 1, em que a área 2 é maior que a área 1, essa variação de pressão resulta na altura 2 ser menor que a altura 1. Assim:

$$\text{Para } A_2 > A_1, \text{ temos, } h_1 > h_2$$

ou seja, embora a força tenha sido multiplicada, o deslocamento transmitido será menor na mesma proporção, logo, o trabalho realizado por ambos os pistões será o mesmo, como determina o princípio da conservação da energia.

1.3.3 Temperatura, calor e escalas termométricas

Quente, frio, gelado e morno, são termos usuais que em Física estão relacionados com o conceito de temperatura, são sensações que estão ligadas aos sensores da pele responsáveis por perceber as variações térmicas, ou seja, temperatura é uma grandeza relacionada com as nossas sensações de calor e frio (HALLIDAY, 2016).

De maneira mais precisa, temperatura é uma grandeza física que mede o grau de agitação das moléculas, quanto maior a agitação, maior será a temperatura do objeto. É medida usando um aparelho chamado termômetro

que contém uma substância com uma propriedade termométrica, que varia de forma regular quando a substância é aquecida ou resfriada.

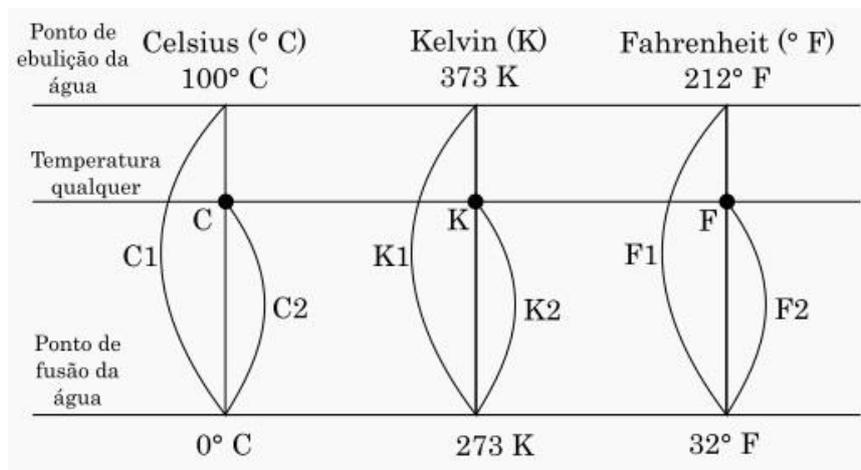
Podemos perceber que esta grandeza física tem um papel importante em muitos ramos da ciência. Com isso, se torna necessário ter uma precisão nas medidas. Por este motivo foi importante a construção de um objeto que pudesse fornecer dados precisos. A percepção que o ser humano tem da temperatura ambiente é influenciada por diversos fatores, como a velocidade do vento e as características próprias de cada pessoa (TRIVELLATO, 2014, p. 163). Dessa forma, a determinação da temperatura torna-se subjetiva, sendo necessária a construção de instrumentos que tornem essa medida mais precisa.

Para ter dados precisos, o termômetro é de fundamental importância. É um objeto usado para medir o grau de agitação associado à movimentação das moléculas, composto por um elemento sensor que possui uma propriedade que varia com a temperatura. Essas propriedades são observadas através de uma escala apropriadamente definida de acordo com a propriedade escolhida. As escalas termométricas são usadas para indicar a temperatura, ou seja, se mais quente maior será a temperatura. “O conjunto dos valores numéricos que a temperatura pode assumir constitui uma escala termométrica” (RAMALHO, 2015, p. 29). Em outras palavras uma escala termométrica é constituída por valores definidos baseados em pontos de referência, como por exemplo, os pontos de fusão e ebulição da água.

Existem diversas escalas termométricas, as principais são Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Kelvin (K) e a escala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). A escala Kelvin é a escala adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) e é utilizada para medir a temperatura absoluta de um objeto. É a fração $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água (MOYSÉS, 1997). Independe da substância ou propriedades específicas utilizadas para medi-la.

É impossível obter uma temperatura inferior a $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (MOYSÉS, 1997), esta temperatura é denominada zero absoluto. É uma temperatura limite que não pode ser alcançada. A relação entre as escalas pode ser observada na figura 2.

FIGURA 2 - Relação entre as escalas termométricas.



FONTE: KILHIAN (2010)

Observando a figura 1, podemos relacionar as três escalas através da proporção de tamanhos iguais, C_1 , K_1 e F_1 são as diferenças entre o ponto de fusão e ebulição da água nas três escalas termométricas. C_2 , K_2 e F_2 vão do ponto de fusão a um ponto qualquer das três escalas, vemos que esses seguimentos também têm tamanhos iguais.

Fazemos:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} = \frac{F_2}{F_1} \quad (15)$$

Substituindo os valores, obtemos:

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{F - 32}{212 - 32} \quad (16)$$

$$\frac{C}{100} = \frac{K - 273}{100} = \frac{F - 32}{180} \quad (17)$$

Simplificando, obtemos:

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5} = \frac{F - 32}{9} \quad (18)$$

1.3.4 Gás ideal clássico

Os gases são formados por uma imensa quantidade de átomos e moléculas ou partículas, em constante movimento e em geral bastante separados. Ocupam totalmente o volume do recipiente em que se encontram, exercendo uma certa pressão nas paredes. O movimento dos átomos está relacionado com o volume, pressão e temperatura dos gases (HALLIDAY, 2016).

Os gases reais são, em geral, complexos, apresentando diferentes tipos de comportamento, de acordo com o tipo de interação entre partículas e das condições termodinâmicas, tais como temperatura e pressão, são exemplos: o vapor de água, fluidos supercríticos, plasmas e sistemas opalescentes (YOUNG, 1993). O modelo de gás clássico ideal representa uma simplificação dos gases reais, desconsiderando algumas características, tais como o tamanho das moléculas e a força de atração molecular, sendo frequentemente usado como uma descrição elementar de qualquer gás. A lei dos gases ideais, devida aos trabalhos de Boyle, Gay-Lussac e Avogadro (Oliveira, 2005), foi originalmente determinada através da relação:

$$P.V = n.R.T \quad (19)$$

em que P é a pressão, n é a quantidade de matéria em mols do gás e T a temperatura absoluta em Kelvins. R é chamado de constante dos gases ideais e tem o mesmo valor para todos os gases: $R=8,31 \text{ J/mol.K}$. Como R é uma constante, tomando-se uma quantidade fixa de gás, temos:

$$\frac{P.V}{T} = n.R = \text{Constante}$$

desse modo, dado dois pontos de referência (1 e 2), de um sistema contendo gás, tem-se que,

$$\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2} \quad (20)$$

supondo que tenhamos uma gás ideal em um bulbo acoplado a uma coluna líquida, podemos relacionar a altura da coluna líquida com a pressão do gás no

bulbo, ou seja, para o volume constante e unindo a equação (6) com a (20) temos:

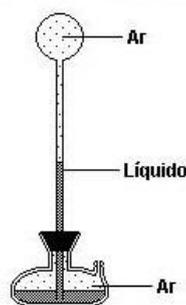
$$\frac{\rho \cdot g \cdot h_1}{T_1} = \frac{\rho \cdot g \cdot h_2}{T_2} \rightarrow \frac{h_1}{T_1} = \frac{h_2}{T_2} \quad (21)$$

ou seja, uma relação linear entre a altura h da coluna líquida e a temperatura do gás no bulbo. Escolhendo uma temperatura e uma altura de referência, pode-se medir qualquer outra temperatura através da relação (21). É possível, também, sem o uso da expressão (6), usar duas temperaturas de referência e criar uma escala relativa.

1.3.5 Termômetro de gás a volume constante

A construção de instrumentos como os termômetros, permitiu medir a temperatura independentemente da sensação que cada pessoa possa ter. O primeiro termômetro foi construído por Galileu Galilei em 1592, era composto de um tubo de vidro, que em suas extremidades, tinha um recipiente contendo ar e água e na outra um bulbo de vidro arredondado contendo apenas ar (figura 3).

FIGURA 3: Gravura do termoscópio de Galileu.



FONTE: VUNESP (2005)

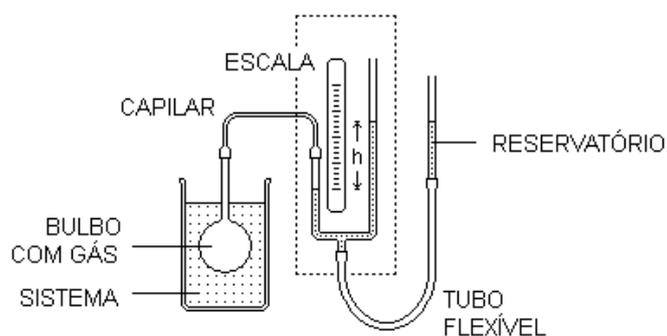
Ao aquecer o bulbo de vidro, o ar que estava dentro sofria dilatação e se expandia dentro do bulbo e do tubo, conseqüentemente parte do ar saía. Após aquecido, ele submergia parte do tubo na água que estava no recipiente, deixando o bulbo para cima. Depois de esfriado, o ar contido no bulbo tende a se comprimir, já que o tubo estava submerso, a água do recipiente sobe pelo

tubo. Dessa forma, Galileu podia comparar temperaturas de vários objetivos que eram colocados em contato com o bulbo.

Atualmente, os termômetros de uso mais comum utilizam a variação do volume de líquidos, como o álcool e o mercúrio, para medir as temperaturas. Fundamenta-se na lei zero da termodinâmica, em que após um tempo em contato, dois objetos estarão em equilíbrio térmico entre si (HALLIDAY, 2016), tal equilíbrio só é atingido quando os mesmos encontram-se na mesma temperatura.

O termômetro de gás a volume constante é utilizado como padrão para calibração de termômetros comerciais (HALLIDAY, 2016, p. 190). Ele toma como referência a temperatura do ponto triplo da água, ponto em que coexistem, em equilíbrio térmico, a água no estado líquido, o gelo e o vapor para apenas um conjunto de valores de pressão e temperatura (Figura 4).

FIGURA 4 - Termômetro de gás a volume constante, baseado em um gás cujo volume (V) permaneça constante, mas que sua pressão (P) varie em função da temperatura (T), ele é composto por um bulbo cheio de gás rarefeito, ligado por um tubo a um manômetro de mercúrio.



FONTE: MARTINHO (2008)

O desnível vertical da coluna de líquido (h) define a pressão interna do gás no bulbo pela relação:

$$P = P_0 + \rho gh \quad (22)$$

em que P é a pressão exercida pelo gás, P_0 é a pressão atmosférica, uma vez que a abertura do tubo é aberta, ρ é a densidade da substância líquida contida no tubo e h é a diferença entre os níveis do líquido medida nos dois lados do tubo.

2 USO DO TERMÔMETRO DE GÁS À VOLUME CONSTANTE COMO INSTRUMENTO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Na pesquisa, foram trabalhados os conceitos fundamentais da Termodinâmica com estudantes do último ano do Ensino Fundamental. Um teste preliminar foi realizado com alunos do terceiro período do curso de Física - Licenciatura da UFPE, Centro Acadêmico do Agreste (CAA), cuja contribuição foi de grande importância para ajustar a sequência didática, com observações bem relevantes para melhoria do trabalho. Um segundo teste foi realizado com um grupo de vinte alunos do nono ano do ensino fundamental em uma escola da rede privada em Vitória de Santo Antão/PE. Neste capítulo serão descritos o produto educacional e a proposta metodológica, assim como serão analisados os resultados obtidos com os estudantes.

2.1 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, resultante deste trabalho, consiste na construção de um termômetro de gás a volume constante elaborado com materiais de baixo custo. Sua montagem e utilização estão detalhadas no apêndice C. A seguir serão descritos os componentes utilizados, a proposta didática e um manual para o professor.

2.1.1 O experimento

O experimento, apresentado na figura 5, foi montado a partir de materiais de baixo custo: mangueira, madeira, parafusos, boia e uma taça de plástico, os quais foram reutilizados e reciclados para o desenvolvimento do projeto. O objetivo é demonstrar, qualitativamente e quantitativamente, as propriedades básicas da termodinâmica e hidrostática.

FIGURA 5 - Versão artesanal de baixo custo do termômetro de gás a volume constante utilizado na proposta didática.



FONTE: O AUTOR (2018)

2.1.2 Proposta didática

A proposta didática, presente no guia do professor, baseia-se nas interações sociais entre os sujeitos envolvidos e o objeto de estudo através da mediação do professor. Propõe-se um trabalho em grupo onde, inicialmente, são expostos os conteúdos que serão estudados em uma aula expositiva e dialogada.

Posteriormente, tais conteúdos são observados no aparato experimental, cujo objetivo central é medir a temperatura ambiente. O passo a passo de como utilizar o experimento, de como abordar os conceitos científicos e de como medir a temperatura local estão presentes no apêndice C. Por fim, o trabalho deve ser avaliado por meio de um questionário ou relatório, à critério do profissional.

2.1.3 Guia do aluno e do professor

No guia do professor está demonstrado a montagem e o uso do experimento, os possíveis erros, ajustes e a solução dos problemas, a proposta didática e os guias, do professor e do aluno, para a realização da atividade

experimental, com o intuito de orientá-los durante a realização da atividade, com descrições detalhadas do preparo e manipulação do aparato.

Além das orientações relativas à realização do experimento, os guias contêm, em apêndice, uma seleção de questões do ENEM e vestibulares, relacionadas com os fenômenos físicos observados.

2.2 PROPOSTA METODOLÓGICA

Nesta seção, abordaremos a metodologia sugerida e testada da proposta didática originada neste trabalho, para isso, descreve-se a forma e o ambiente em que o experimento foi realizado, apresentando um relato do desenvolvimento das atividades propostas com os alunos.

2.2.1 A escola e a turma do projeto

A proposta didática foi desenvolvida no Sistema Educacional Radar (SER), escola de educação básica que atende os níveis fundamental e médio na cidade de Vitória de Santo Antão, na zona da mata sul de Pernambuco. A referida escola atua há trinta anos e tem suas instalações no prédio da Faculdade Osman da Costa Lins (FACOL). Conta com uma estrutura dotada de amplas salas de aula, laboratórios didáticos, biblioteca, salas de estudos, auditório e ginásio de esportes.

As aulas do ensino fundamental são distribuídas em cinco períodos de cinquenta minutos com um intervalo de vinte minutos entre o terceiro e o quarto período. As aulas de Física da turma do projeto consistem de dois períodos semanais com aulas geminadas e são ministradas às quintas-feiras no primeiro e segundo período. A turma escolhida para a aplicação da proposta didática foi o nono ano do ensino fundamental, onde são inseridos tópicos de Termodinâmica e Hidrostática. A turma possui trinta e cinco alunos, dos quais, vinte aceitaram participar do projeto.

2.2.2 Relato da aplicação da proposta didática

A efetivação da proposta didática aconteceu inicialmente em quatro aulas, com duração de cinquenta minutos cada. Os dois primeiros períodos foram destinados à aula expositiva, com apresentação da proposta e tópicos a serem observados no experimento, além de uma revisão de conceitos relevantes. No terceiro período foi realizada a atividade experimental e no quarto período foram respondidos os questionários. Um fator importante deve-se ao fato de que a atividade tenha sido realizada com apenas um aparato. Desse modo, os grupos precisaram aguardar sua vez de usar o equipamento. O interessante seria aumentar o número de aparatos para ter uma melhor dinâmica com os alunos. O relato a seguir detalha os acontecimentos e as observações durante o teste do experimento e da proposta didática.

2.2.2.1 Primeiro Dia (Aula 1):

A aplicação da proposta didática teve início em sala de aula. Foram revisados os conceitos relacionados à temperatura, calor, pressão, lei de Charles para transformação isocórica, lei de Charles para transformação isobárica e lei de Boyle para transformação isotérmica, a equação de Clapeyron e a lei geral dos gases ideais. Abordando as equações fundamentais, analisando cada termo e fazendo alguns exercícios para melhor fixação do que foi estudado.

Ainda durante essa primeira aula, foram citados alguns exemplos e aplicações do cotidiano, como o deslocamento vertical de um balão que está relacionado ao aquecimento ou resfriamento do ar, o que faz com o que o balão suba ou desça.

2.2.2.2 Primeiro Dia (Aula 2):

Esta aula seguiu com as discussões sobre os fenômenos térmicos. Trabalhamos a medida da temperatura, o funcionamento e a evolução dos termômetros. Explicamos aos estudantes que a temperatura corporal é aproximadamente 37°C (37 graus Celsius) e que, dependendo do país outros tipos de escalas termométricas podem ser usadas. Vimos a relação entre as

escalas enfatizando a escala absoluta (escala Kelvin). Aplicamos exercícios como forma de assegurar o aprendizado bem como a dominar a matemática básica necessária para seguir com a atividade.

Por fim, concluímos com uma breve revisão sobre fluidos (uma vez que vamos utilizar líquido em nosso experimento). Definimos o conceito de pressão hidrostática, a lei de Stevin e o princípio de Pascal. Finalizamos a aula com alguns exercícios.

2.2.2.3 Segundo Dia (Aula 3):

A terceira aula teve início com o deslocamento dos alunos para o laboratório multidisciplinar da instituição que dispõe de bancadas, cadeiras, pia com água na torneira e um refrigerador contendo gelo. Após uma breve conversa com a turma, onde foi enfatizado que o projeto se tratava de uma atividade ligada ao MNPEF¹ e que os alunos estavam tendo a oportunidade em fazer parte dessa pesquisa, prosseguiu-se com a atividade.

Durante a realização desta prática pelos primeiros grupos, pôde-se identificar de imediato algumas melhorias que seriam necessárias à montagem do aparato, tal como: o aumento da mangueira do bulbo para uma melhor dinâmica no manuseio.

FOTOGRAFIA 1 - Grupo de alunos realizando a atividade com o aparato experimental.



FONTE: O AUTOR (2018)

¹ Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Durante a realização da atividade prática, foi possível observar que o tempo necessário à sua realização poderia ter sido maior que o esperado. Tiveram várias interferências por parte do professor, o que está dentro da proposta, uma vez que a didática consiste de intervenções em que o professor siga o roteiro de forma paralela com os alunos.

A atividade teve como finalidade medir a temperatura ambiente com base na equação (17), através da variação da coluna líquida em função de duas temperaturas fixas de referência: temperatura interna do corpo humano (aproximadamente 37°C) e a temperatura do ponto de fusão da água (0°C).

Um aluno segura o bulbo até entrar em equilíbrio térmico, verifica-se este equilíbrio quando o nível de água na mangueira fique estável. Esse procedimento transfere calor das mãos do aluno para o recipiente contendo ar, aumentando a energia cinética do gás dentro do mesmo. Com isso, as moléculas escapam pelo tubo do aparato diminuindo as colisões entre si e, assim, aproximando-se do gás ideal. Em seguida, outro aluno coloca água no experimento até atingir o nível de referência. E um terceiro aluno marca o ponto em que o nível da água se encontra.

O próximo passo é colocar o bulbo em um recipiente contendo gelo a 0°C. Verifica-se uma variação do volume líquido devido à variação da temperatura. Outro aluno movimentada, na vertical, a mangueira de saída inferior do conector até que o líquido da mangueira superior esquerdo volte para o ponto de referência, fazendo com que o volume permaneça constante e, novamente, marcando o nível do líquido na mangueira superior direita. Sendo assim, têm-se duas temperaturas de referência para duas medidas do nível do líquido, fundamental para o cálculo da temperatura ambiente.

2.2.2.4 Segundo Dia (Aula 4):

Ao término da atividade, as dúvidas surgidas eram resolvidas com o auxílio de colegas que já tiveram os mesmos problemas, enquanto outros resolviam as questões propostas nos roteiros. Observou-se que a necessidade de atenção do professor foi diminuindo à medida que mais grupos realizavam seus experimentos. Por vezes os próprios colegas resolviam as dúvidas sem

que houvesse a intervenção do professor. Finalmente, os alunos avaliaram individualmente toda atividade através do questionário específico a este fim.

FOTOGRAFIA 2 - Grupo respondendo o questionário experimental.



FONTE: O AUTOR (2018)

2.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o aparato experimental foi possível calcular a temperatura do laboratório onde foi realizada a atividade. Posteriormente, o produto educacional e a efetivação da proposta didática foram avaliados pelos vinte alunos participantes por meio de dois questionários. O primeiro² trata de um questionário de pesquisa de opinião, espaço para que os estudantes pudessem avaliar e expressar suas opiniões acerca da proposta didática desta pesquisa. O segundo³ questionário aborda questões de fenômenos térmicos e hidráulicos trabalhados e observados durante a atividade.

2.3.1 Obtenção da temperatura ambiente

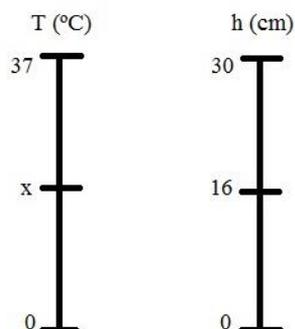
Com os dados obtidos, chegou-se a uma relação das temperaturas conhecidas em função da diferença da camada líquida. Com esta relação, é

² Apêndice A.

³ Apêndice B.

possível calcular qualquer temperatura de interesse, e que no caso da atividade, foi calculada a temperatura ambiente.

FIGURA 6 - Relação entre as temperaturas conhecidas e os níveis da camada líquida.



FONTE: O AUTOR (2018)

Foi definida a altura zero do nível da camada líquida como referência para o ponto de fusão do gelo (0°C). Para a temperatura conhecida do corpo humano (37°C), o nível da coluna líquida marcou 30 cm em relação ao ponto de referência. Ao deixarmos o bulbo livre para entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, o nível da camada líquida marcou 16 cm.

Fazendo a correlação matemática que consta na figura 2, têm-se:

$$\frac{X - 0}{37 - 0} = \frac{16 - 0}{30 - 0} \quad (23)$$

$$\frac{X}{37} = \frac{16}{30} \quad \longrightarrow \quad 30 \cdot X = 592$$

$$X = 19,7^{\circ}\text{C}$$

No laboratório em que foi realizada a atividade, o termômetro digital utilizado marcava a temperatura de 20°C . Nisto, percebeu-se que a diferença da temperatura calculada, através do experimento, com a temperatura registrada no termômetro, foi de $0,3^{\circ}\text{C}$, que corresponde a um erro percentual de 1,5%. Esta diferença refere-se à imprecisão da medida, levando em conta alguns pontos que foram desprezados, tais como: a elasticidade da mangueira utilizada no experimento, o fato da água não ser pura, a condutibilidade térmica

que não foi considerada e a imprecisão da temperatura do corpo, adotada, aproximadamente, a 37°C.

Em princípio, poderiam ser escolhidos como referência o ponto de fusão do gelo e o ponto de ebulição da água (100°C). No entanto, para isso, seria necessário que o aparato tivesse uma altura treze vezes maior que a atual para possibilitar a variação da camada líquida em função da diferença de tais temperaturas, com isso, optamos em escolher a temperatura corporal.

2.3.2 Avaliação da pesquisa de opinião

Na pesquisa de opinião, foram elaboradas questões versando sobre o roteiro experimental (questões de 1 a 4), sobre as orientações prestadas pelo professor (questões de 5 a 8), sobre o experimento (questões de 9 a 15) e sobre os objetivos do trabalho (questões 16 a 21). Tal questionário visa avaliar a concepção dos 20 alunos participantes da atividade, referente à sequência didática desenvolvida. O questionário consistia de perguntas com respostas diretas com marcação de sim ou não, seguida de possível justificativa. A tabela 1 sintetiza o desempenho deste questionário.

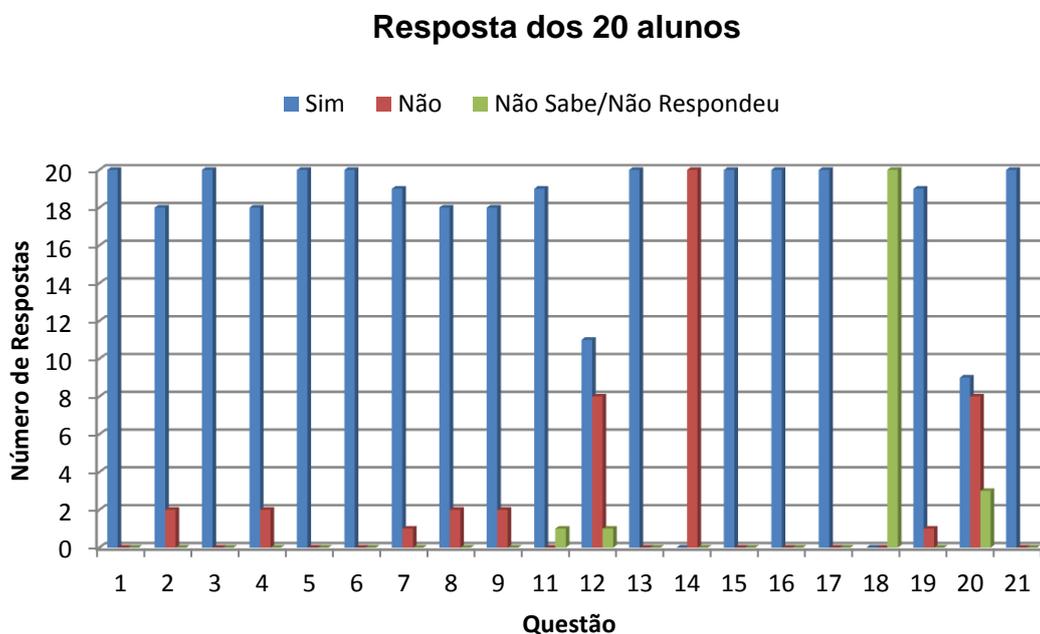
TABELA 1 - Questionário da proposta didática respondido pelos que participantes da pesquisa.

Perguntas do Questionário	Sim	Não	Não Soube /Não Respondeu
Pergunta 1	20	0	0
Pergunta 2	18	2	0
Pergunta 3	20	0	0
Pergunta 4	18	2	0
Pergunta 5	20	0	0
Pergunta 6	20	0	0
Pergunta 7	19	1	0
Pergunta 8	18	2	0
Pergunta 9	18	2	0
Pergunta 11	19	0	1
Pergunta 12	11	8	1

Pergunta 13	20	0	0
Pergunta 14	0	20	0
Pergunta 15	20	0	0
Pergunta 16	20	0	0
Pergunta 17	20	0	0
Pergunta 18	0	0	20
Pergunta 19	19	1	0
Pergunta 20	9	8	3
Pergunta 21	20	0	0

A síntese dos dados da tabela 1 permitiu colher informações e respostas importantes sobre a avaliação da proposta didática. A seguir apresentamos um resumo dessas respostas. A primeira parte do questionário abordou o roteiro experimental entregue pelo professor.

GRÁFICO1 - Questionário de Avaliação da Proposta Didática.



A primeira questão aborda a compreensão da linguagem do material presente no guia dos alunos. Para a totalidade dos alunos, o material era claro e de fácil compreensão, uma vez que, foi esta a alternativa assinalada por todos. Essa concepção é vista nas respostas de alguns alunos como:

Aluno 1: “Sim, linguagem clara e objetiva”.

Essa justificativa reforça nossa ideia inicial de que o material deveria ser de fácil entendimento e manipulação. Com esses resultados colhidos pelos alunos, acreditamos que tais objetivos foram alcançados.

A segunda questão trata sobre as informações presentes nos guias. Pergunta-se se o material disponibilizou informações e elementos suficientes para a realização do experimento. A grande maioria dos estudantes confirmou que sim e dois deles disseram que não. Concluímos que é de fundamental importância uma leitura cuidadosa do material e o acompanhamento do professor para tirar dúvidas e esclarecer o guia.

Já a terceira questão é mais direcionada à montagem do aparato experimental, em que se pergunta se, além da leitura do material, foram necessárias outras orientações para que a montagem do experimento fosse possível. Aqui, a totalidade dos alunos participantes respondeu positivamente. Confirma-se o que também já esperávamos, o acompanhamento e as orientações paralelas do professor são fundamentais para a dinâmica da atividade.

A quarta questão perguntava se as figuras facilitaram o entendimento da montagem e realização do experimento. Como esperado, a grande maioria (18 alunos) afirmou que sim. Concluímos com isso que as imagens presentes no guia experimental foram importantes para o entendimento da montagem.

A segunda parte do questionário se referiu sobre as orientações e acompanhamento do professor. Na quinta questão foi perguntado aos alunos se o professor atendeu seus chamados quando solicitado, todos responderam que sim como atestado a seguir:

Aluno 1: “Sim, atendendo cada um por vez quando necessário”.

Aluno 2: “O professor estava sempre presente, quando era chamado”.

A unanimidade na resposta dos alunos reforça a importância da presença e participação do professor e a necessidade de atenção constante aos grupos que estão realizando a atividade. Já na sexta questão, foi perguntado se a explanação do professor apresentou uma linguagem clara e fácil de entender, da mesma percepção da questão anterior, todos confirmaram

que sim. Acreditamos que é necessário um bom entendimento e domínio nos conteúdos de física pelo professor como também no manuseio do aparato.

Na sétima questão foi perguntado se as orientações do professor facilitaram o entendimento do roteiro experimental, dos vinte alunos que participaram da avaliação, só um disse que não.

No que se diz respeito às orientações do professor em facilitar o entendimento do experimento, foi perguntado na questão 8, 18 alunos afirmaram que sim.

Aluno 3: “A explicação foi clara o suficiente para realizar o experimento”.

Aluno 4: “Sim, pois facilitou a realização correta da experiência”.

O que se observou durante a prática experimental foi que, ao final, os últimos grupos buscavam informações não só com o professor, mas também com os colegas que já haviam realizado a atividade. Esse comportamento é esperado pois, no início, o professor é o único que conhece o experimento e, portanto a interação dos alunos ocorre principalmente com o professor. À medida que mais alunos familiarizam-se com o experimento, a interação deixa de ser polarizada no professor.

A partir da questão 9, é pedida a opinião dos alunos em relação ao experimento. Para a maioria (18 alunos) foi de fácil realização, apesar de que algumas dificuldades foram citadas na questão 10, como pode ser visto abaixo:

Aluno 1: “Sim, pois teve uma boa orientação do professor”.

Aluno 2: “tivemos que pedir ajuda do professor”.

Problema relatado na questão 10:

Aluno 4: “Fazer a água chegar ao ponto marcado.”

Na questão 11 foi questionado se o aluno havia interagido com o experimento durante a atividade, apenas um aluno afirmou que não, o que demonstra a capacidade interativa do produto experimental. Acreditamos pelo fato do aparato ter várias etapas e cada etapa depender de um aluno para uma

determinada tarefa: segurar o bulbo, colocar água, controlar o nível da água, fazer as marcações, anotações, etc.

Aluno 1: “Sim, espero que tenha mais experimentos como esse por que foi bem dinâmico”.

Aluno 5: “Sim, as etapas foram divididas entre os participantes”.

Complementando essa questão, perguntou-se, na questão 12, se o experimento foi intuitivo e autoexplicativo. Aqui percebemos uma divergência bem considerável, 11 alunos afirmaram que sim, 8 alunos que não e 1 não soube responder. Acreditamos que cada estudante tem uma concepção diferente e conhecimentos prévios distintos, além de mostrar mais uma vez a importância do acompanhamento paralelo do professor.

Aluno 2: “O experimento é claro o suficiente, porém necessitamos de ajuda”.

Aluno 6: “Não, pois o professor tem que dá um auxílio”.

Na questão 13 foi perguntado se o experimento tem clara relação com os temas estudados em aulas anteriores (Termodinâmica e Hidrostática) que foi confirmada pela totalidade dos alunos. Pelas justificativas, percebemos a importante relação da teoria com a prática, em que confirma a sequência didática de primeiro vir à teoria para depois vir à prática experimental.

Aluno 1: “Sim, clara relação e objetividade, tendo como melhor entendimento na prática”.

Aluno 7: “Sim, tudo o que agente estudou vimos no experimento”.

Na questão 14 foi perguntado se os estudantes tinham alguma sugestão para melhoria do experimento e todos afirmaram que não. Acreditamos com isso que o experimento foi bem recebido por eles, funcionando de maneira adequada e esperada como atestado por todos na questão 15.

Aluno 6: “Não, pois o experimento que foi realizado estava perfeito”.

Aluno 8: “Em minha opinião esta perfeito”.

Justificativa da questão 15:

Aluno 2: “O experimento teve ótimo funcionamento”.

Aluno 4: “Sim, buscando demonstrar o que aprendemos em sala, sendo que de uma maneira dinâmica”.

Da questão 16 à questão 19 são tratados os objetivos alcançados com o aparato. Para a totalidade dos alunos os objetivos eram claros e fáceis de entender (questão 16) e foram atingidos (questão 17), como todos afirmaram positivamente, não houve resposta na questão dezoito.

Aluno 9: “Sim, pois transmitiam facilmente os seus resultados e objetivos”.

Aluno 10: “Sim, atingidos de forma coesa e clara”.

Aluno 11: “Sim, pois já tinha uma base vinda da sala, onde o experimento buscou abordar mais o assunto”.

Na questão 19 foi perguntado se o experimento realizado no laboratório ajudou a entender melhor os conceitos de Física estudados em sala de Aula. Dos vinte, dezenove afirmaram que sim como mostrado na justificativa abaixo:

Aluno 1: “Sim, mostrando a realidade de cada conceito na prática”.

Aluno 11: “Ampliaram nossos conhecimentos tirando nossas dúvidas”.

Na questão 20 foi feito um questionamento sobre o tempo do experimento, aqui percebemos que o tempo estimado para a realização da atividade poderia ter sido maior, uma vez que uma atividade experimental exige, além do preparo inicial, um tempo de espera para aparecer os resultados.

Aluno 4: “Não, na minha opinião devia haver mais tempo para a realização do experimento”.

Em relação à questão 21, foi perguntado se as respostas dadas às perguntas durante o experimento foram bem esclarecidas, todos relataram que sim.

Aluno 14: “As respostas dadas durante o experimento esclareceram as dúvidas existentes”.

Aluno 16: “Sim, pois houve o esclarecimento total das dúvidas”.

Por fim, concluímos a pesquisa de opinião com a questão 22, onde foi pedida uma sugestão para melhoria da proposta experimental.

Aluno 13: “Sugiro que tenhamos mais aulas no laboratório com mais tempo para a realização de mais experimentos”.

Aluno 16: “Mais materiais, tempo maior de duração e mais aulas como essa”.

A resposta de alguns alunos na questão 22 fez alusão à questão anterior em relação ao tempo, outros alunos se referiram aos materiais, uma vez que trabalhamos só com um aparato. Para trabalhar essa atividade nas escolas, será necessário ter mais aparatos, dependendo da quantidade de alunos que o professor queira trabalhar em sala de aula. Esses relatos foram de grande importância para os ajustes e aprimoramento do produto educacional.

2.3.3 Avaliação do Questionário Experimental

No questionário experimental foram elaboradas dez questões⁴ com a finalidade de avaliar a apropriação dos conceitos trabalhados e observados na atividade, divididas entre questões teóricas conceituais e questões teórico matemático. As questões conceituais são 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 9 e as questões que necessitam de matemática são 3, 8 e 10. O desempenho e os resultados apresentados pelos alunos neste questionário estão sintetizados no gráfico 2.

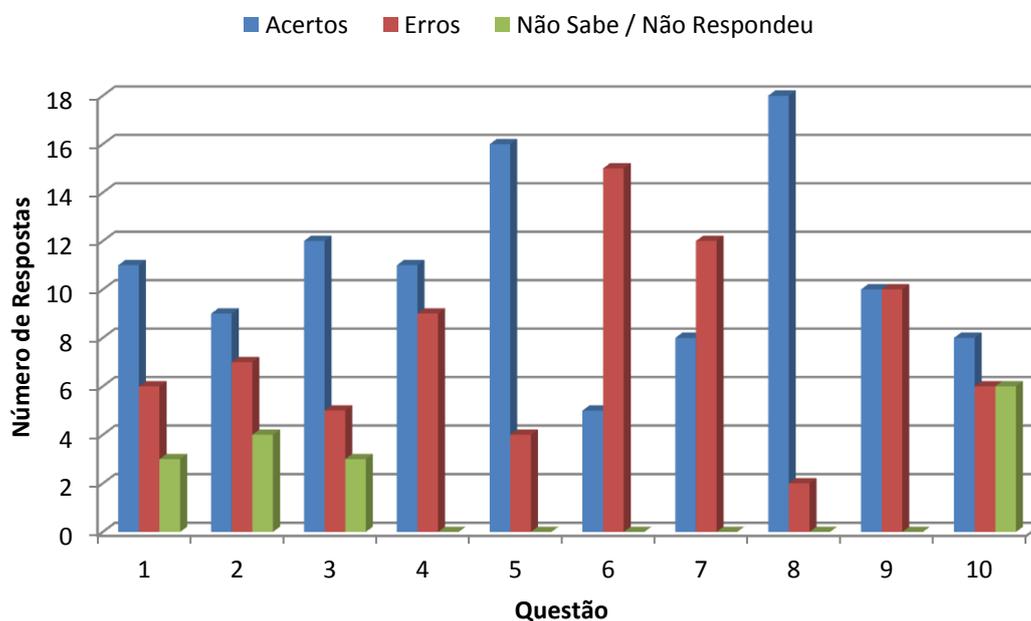
⁴ Apêndice B.

TABELA 2 - Desempenho dos alunos nos exercícios presente no guia.

Questão	Acertos	Erros	Não Soube /Não Respondeu
Questão 1	11	6	3
Questão 2	9	7	4
Questão 3	12	5	3
Questão 4	11	9	0
Questão 5	16	4	0
Questão 6	5	15	0
Questão 7	8	12	0
Questão 8	18	2	0
Questão 9	10	10	0
Questão 10	8	6	6

GRÁFICO2 - Questionário de Avaliação de Termodinâmica e Hidrostática.

Resposta dos 20 alunos



Na primeira questão foi perguntado aos alunos do porquê de não usar a Escala Celsius nas equações desenvolvidas durante a atividade, dos vinte alunos, onze acertaram, seis erraram e três não souberam responder. A questão trata da escala absoluta, presente no livro didático e que já tinha sido estudado anteriormente em sala de aula.

Aluno 1: “Para que a equação não se anule”.

Na questão 2 é relatada a observação direta do comportamento do experimento através da variação do nível do líquido após a variação da temperatura, cuja resolução estava diretamente associado ao volume do líquido que é proporcional a área pela altura. Este tópico também foi discutido em aula anterior à prática experimental, como se observa no gráfico, menos da metade dos alunos acertou essa questão.

Aluno 2: “Vai para o copo que tem uma área maior”.

As questões 3 e 4 têm por finalidade trabalhar as três escalas termométricas especificadas nos livros dos alunos, a questão 3 envolveu conceitos de termometria, cujo objetivo foi calcular a temperatura que tem o mesmo valor na escala Celsius e Fahrenheit. Para isso, seria necessário desenvolver cálculos matemáticos. 60% chegaram à resposta certa. Já a questão 4 consistiu de resposta objetiva, em que foram abordados conceitos sobre o ponto de fusão e ebulição da água bem como a relação da escala Celsius com a escala Kelvin.

Na questão 5 foram tratados os conceitos prévios dos alunos referente a frio e quente e na troca de calor com o meio. A maioria (16 alunos) acertou essa questão.

As questões 6 e 7 desafiaram os alunos na compreensão do conceito de pressão, em ambas questões foram registrados poucos acertos, mesmo tendo sido discutidos durante a atividade experimental. Diferentemente das duas questões anteriores, que abordaram conceitos teóricos de pressão, observa-se um elevado índice de acerto na questão 8. Neste quesito pede-se para calcular a altura em que o soro deve estar do braço do paciente.

Na questão 9 foi abordada a relação da pressão atmosférica com o ponto de ebulição da água. Como visto, metade dos alunos acertou e a outra metade errou.

Por fim na questão 10 foi tratado o princípio de Pascal o qual afirma que se qualquer ponto no interior de um fluido em equilíbrio é aplicada uma pressão

em um pequeno volume do fluido, a mesma pressão será aplicada a todos demais pontos do fluido. Observa-se que poucos alunos conseguiram chegar à resolução certa.

Levando em conta que são alunos do nono ano do ensino fundamental, onde começam a estudar os primeiros conteúdos científicos, esperávamos não ter nenhum acerto no questionário de avaliação de termodinâmica e hidrostática. Acreditamos, com isso, que a atividade, não só trouxe uma alternativa de ensino, no que diz respeito à aceitação por parte dos alunos, propiciando uma forma atrativa de ensino, como também trouxe uma forma de inserir e aprofundar os conhecimentos científicos em nível mais elevado, uma vez que são questões de vestibulares.

As informações colhidas dos questionários da atividade experimental com os alunos nos permitiu ajustar e aprimorar o produto educacional, que é o foco de nossa pesquisa.

3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A ideia da construção do termômetro de gás à volume constante surgiu em uma discussão sobre como calibrar termômetros comerciais utilizados no laboratório de Física do CAA da UFPE. O termômetro de gás possui potencial didático-pedagógico, envolvendo não apenas os conceitos de temperatura e dilatação térmica, como é o caso dos termômetros de coluna líquida, mas, também, os conceitos de pressão hidrostática, gás ideal, princípio de Pascal, e vários outros, não imaginados à priori, que surgiram, como visto, durante o desenvolvimento da pesquisa.

Este trabalho possibilitou desenvolver uma sequência didática alternativa, que oferecerá ao professor novas possibilidades de atuação pedagógica, através da utilização de ferramentas de produção própria, desenvolvidas com materiais de baixo custo. A possibilidade de criar um produto pedagógico de baixo custo é particularmente interessante, levando-se em consideração as dificuldades financeiras das escolas públicas, muitas vezes sem laboratórios ou equipamentos didáticos-pedagógicos profissionais.

A aplicação do material produzido confirmou que a implementação da proposta experimental em aulas de Física é bem recebida pelos alunos. Dessa forma, verificamos durante a pesquisa que os estudantes tiveram um bom desempenho e interesse. Além disso, foi possível observar que a realização da atividade provoca uma maior interação entre os alunos, devido a necessidade de encontrar respostas acerca dos fenômenos físicos, incentivando a participação dos estudantes nas aulas. Além do mais, a metodologia adotada favorece um aprendizado não literal.

A atividade constituiu-se, igualmente, num importante instrumento pedagógico para a educação, incorporando e motivando a análise científica como linguagem colaborativa nos conceitos térmicos e hidráulicos, agregado a isto o uso de recursos simples e de fácil manuseio, possibilitando o aprofundamento que os alunos tinham de ciências.

Pelas atitudes e avaliações constatadas, obtivemos indicações de que o trabalho foi bem aceito pelos estudantes, mesmo o tema sendo novo para eles.

Por se tratar de alunos do nono ano do ensino fundamental, o primeiro contato com esses conceitos, de maneira prática, é fundamental para a formação de subsunçores, que serão utilizados no futuro. Sem dúvida, serve de motivação para continuar com o desenvolvimento deste produto em buscar novos objetivos e desafios, tais como de poder ampliar sua utilização em outras escolas e em outros seguimentos, como o ensino médio e superior. A análise registrada nas avaliações possibilitou os ajustes e a possível manifestação futura dos profissionais que fizerem uso deste material contribuirá, ainda mais, para a evolução deste produto.

Para concluir, acreditamos que seja importante para os alunos, já nos anos finais do ensino fundamental, construir conceitos científicos e que possam explorar aspectos mais formais desses conceitos. O aparato foi desenvolvido e testado com êxito e mostrou-se atrativo para as aulas de Física. Contudo, algumas melhorias ainda sejam necessárias que foram julgadas e compreendidas pelos alunos. Consideramos que alcançamos os objetivos do projeto e acredita-se também que a proposta tenha um alto grau de aplicabilidade e importância nas aulas de Física.

REFERÊNCIAS

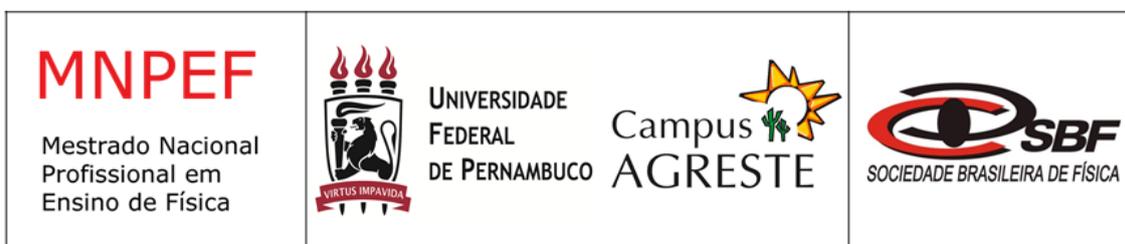
- ALVARENGA, Beatriz. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 2000.
- ARAÚJO, M. (2003). Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 176-194.
- AUSUBEL, David Paul. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- . *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de . *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- HALLIDAY, D., R. RESNICK, e J WALKER. *Fundamentos de Física*. . 10. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HODSON, Derek. “Experimento na ciência e no ensino de ciências.” *Educational Philosophy and Theory (Tradução: Paulo A. Porto)*, 1988: 53-66.
- MARCO AURÉLIO, da Sillva. *Física - Termodinâmica*. 25 de 11 de 2015. <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/Termodinamica.htm> (acesso em 15 de 07 de 2018).
- MARTINS, Lucas. *Física - Escalas Termométricas*. 05 de Abril de 2016. <https://www.infoescola.com/fisica/escalas-termometricas/> (acesso em 24 de 07 de 2018).
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- OLIVEIRA, Mário José. *Termodinâmica*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- RAMALHO, Francisco Junior. *Os Fundamentos de Física*. São Paulo: Moderna, 2015.

RONCA, A.C.C. *O efeito de organizadores prévios na aprendizagem significativa de textos didáticos. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica, 1976.*

TRIVELLATO, José. *Projeto Athos Ciências. São Paulo: FTD, 2014.*

YOUNG, H.D., e R.A. FREEDMAN. *Termodinâmica e Ondas. São Paulo: Addison Wesley, 2008.*

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA



Mestrando: Rubens Antônio da Silva

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Camelo Neto

PESQUISA DE OPINIÃO

Com base nos materiais que você recebeu e no experimento realizado, responda as questões abaixo com suas percepções em relação ao que se pede.

➤ Do roteiro experimental distribuído pelo professor:

1. Em sua opinião, o material distribuído pelo professor apresenta uma linguagem clara e fácil de entender?

() Sim () Não

Justificativa:

2. Você considera que o material disponibilizou informações e elementos suficientes para a realização do experimento?

() Sim () Não

Justificativa:

3. Além da leitura do material, foram necessárias outras orientações para que a montagem do experimento fosse possível?

() Sim () Não

Justificativa:

4. As figuras facilitaram o entendimento da montagem e realização do experimento?

() Sim () Não

Justificativa:

➤ Das orientações do professor:

5. O professor atendeu seus chamados quando foi solicitado?

() Sim () Não

Justificativa:

6. Em sua opinião, a explanação do professor apresentou uma linguagem clara e fácil de entender?

() Sim () Não

Justificativa:

7. As orientações do professor facilitaram o entendimento do roteiro experimental?

() Sim () Não

Justificativa:

8. As orientações do professor facilitaram o entendimento do experimento?

() Sim () Não

Justificativa:

➤ Do experimento:

9. O experimento proposto foi de fácil realização?

() Sim () Não

Justificativa:

10. Quais dificuldades encontradas na realização do experimento?

11. No seu grupo, você interagiu com o experimento?

Sim Não

Justificativa:

12. O experimento é intuitivo e autoexplicativo?

Sim Não

Justificativa:

13. O experimento tem clara relação com os temas estudados (Termodinâmica e Hidrodinâmica)?

Sim Não

Justificativa:

14. Você tem sugestão para melhorar o experimento?

() Sim () Não

15. O experimento funcionou de maneira adequada? Ou seja, funcionou como descrito no roteiro experimental?

() Sim () Não

Justificativa:

➤ Dos objetivos:

16. Em sua opinião, os objetivos do experimento eram claros e fáceis de entender?

() Sim () Não

Justificativa:

17. Com a realização do experimento, os objetivos propostos foram atingidos?

() Sim () Não

Justificativa:

18. Caso a resposta da questão anterior tenha sido não, qual dos objetivos propostos você julga não ter sido atingido?

Sim Não

Justificativa:

19. O experimento realizado no laboratório ajudou a entender melhor os conceitos de Física estudados em sala de Aula.

Sim Não

Justificativa:

20. O tempo para a realização dos experimentos foi suficiente?

Sim Não

Justificativa:

21. As respostas dadas as perguntas durante a atividade, foram bem esclarecidas?

Sim Não

Justificativa:

22. O que você sugere para melhorar as aulas experimentais no laboratório?

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO EXPERIMENTAL**Nome:** _____ **Turma:** _____**Data:** _____ **Grupo:** _____**Escola:** _____

Com base no material que você recebeu e no experimento realizado, responda as questões abaixo.

1. Por que não devemos usar a Escala Celsius nas equações?

2. Ao aumentar a temperatura do bulbo, o líquido do lado esquerdo diminui e não há aumento de volume do lado direito do tubo U, para onde foi o líquido?

3. Existe uma temperatura que tem o mesmo valor na escala Celsius e na escala Fahrenheit. Qual é essa temperatura?

4. Julgue as afirmações abaixo:

I – A escala Celsius atribui 0° para o ponto de fusão do gelo e 100° para o ponto de ebulição da água;

II – O limite inferior para a escala Kelvin corresponde a -273°C ;

III – 1°C equivale a 1°F .

Estão corretas:

- a) I e II apenas
- b) I e III apenas
- c) I, II e III
- d) II e III apenas
- e) I apenas

5. (ENEM)



Disponível em: <http://seguindocurso.wordpress.com>. Acesso em: 28 jul. 2010.

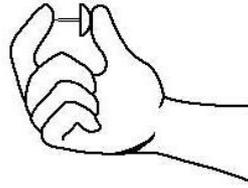
A tirinha faz referência a uma propriedade de uma grandeza Física, em que a função do jornal utilizado pelo homem é a de:

- a) absorver a umidade que dissipa calor.
- b) impedir que o frio do ambiente penetre.
- c) manter o calor do homem concentrado.
- d) restringir a perda de calor para o ambiente.
- e) bloquear o vento que sopra trazendo frio.

6. (CPS-SP) Quando você está na lanchonete tomando um refrigerante num copo com canudo, o líquido sobe em direção à sua boca, em virtude de:

- a) a pressão no interior da sua boca ser maior do que a pressão atmosférica.
- b) a pressão atmosférica e da sua boca serem iguais.
- c) a pressão atmosférica ser variável em função do volume do refrigerante.
- d) a pressão atmosférica ser maior que a pressão na boca e “empurrar” o líquido no canudo.
- e) a pressão atmosférica da sua boca não interferir ao tomar o refrigerante.

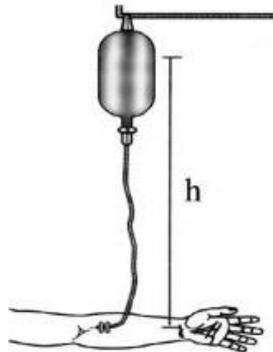
7. (UFMG) José aperta uma tachinha entre os dedos, como mostrado nesta figura:



A cabeça da tachinha está apoiada no polegar e a ponta, no indicador. Sejam $F(i)$ o módulo da força e $p(i)$ a pressão que a tachinha faz sobre o dedo indicador de José. Sobre o polegar, essas grandezas são, respectivamente, $F(p)$ e $p(p)$. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

- a) $F(i) > F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- b) $F(i) = F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
- c) $F(i) > F(p)$ e $p(i) > p(p)$.
- d) $F(i) = F(p)$ e $p(i) > p(p)$.

8. (UEPB) É do conhecimento dos técnicos de enfermagem que, para o soro penetrar na veia de um paciente, o nível do soro deve ficar acima do nível da via, conforme a figura, devido à pressão sanguínea sempre superior à pressão atmosférica.



Considerando a aceleração da gravidade $g=10\text{m/s}^2$, a densidade do soro $d=1,0\text{g/cm}^3$, a pressão exercida, exclusivamente, pela coluna de soro na veia do paciente $P=9,0 \cdot 10^3\text{Pa}$, a altura em que se encontra o nível do soro do braço do paciente, para que o sangue não saia em vez do soro entrar, em metros, é de:

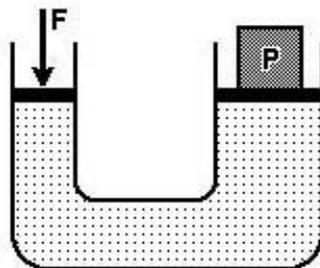
- a) 0,5
- b) 0,8

- c) 0,7
- d) 0,6
- e) 0,9

9. (Acafe-Se) Em Camboriú, a pressão atmosférica equivale a 76 cmHg e a água ferve a 100°C . Em, relação a Camboriú, no Pico da Neblina, ponto culminante do Brasil, a pressão atmosférica e o ponto de ebulição da água são, respectivamente:

- a) menor e menor.
- b) maior e maior
- c) maior e menor.
- d) menor e maior.
- e) igual e igual.

10.(UFPE) Uma força vertical de intensidade F , atuando sobre o êmbolo menor de uma prensa hidráulica, mantém elevado um peso $P = 400\text{ N}$, como mostra a figura.



Sabendo que a área do êmbolo maior é 8 vezes a área menor, determine o valor de F , em newtons.

Resposta do Questionário Experimental

Resposta da questão 1:

Por que, o gelo a 0°C toda a equação se anula, por isso é importante utilizar a escala absoluta (Kelvin). A escala absoluta de Kelvin está relacionada à energia cinética de translação das moléculas de um dado elemento, quando a energia cinética de translação deste elemento for zero, um termômetro de escala absoluta estará indicando zero.

Resposta da questão 2:

Devido o funil de acrílico ter uma área maior, a água que varia na vertical é espalhada na superfície do lado direito, deixando o aumento de volume do líquido no funil imperceptível.

Resposta da questão 3:

Temperatura igual a -40°.

Resposta da questão 4:

Letra A.

Resposta da questão 5:

Letra D.

Resposta da questão 6:

Letra D. O que acontece quando tomamos refrigerante é que, ao sugarmos o líquido, instintivamente estamos diminuindo a pressão da nossa boca. Da teoria, sabemos que o líquido é “empurrado” de onde temos maior pressão para onde temos menor pressão. Logo, ao sugar o líquido, você diminui a pressão da boca e faz com que a pressão atmosférica empurre o líquido pra você.

Resposta da questão 7:

Letra D.

Resposta da questão 8:

Letra E.

Resposta da questão 9:

Letra A. A pressão é menor, pois a coluna de ar sobre a região é menor do que na praia. Como a pressão atmosférica é menor, a pressão de vapor que a água deve ter para entrar em ebulição também é menor (já que para ferver a pressão de vapor deve se igualar à pressão atmosférica). A pressão de vapor aumenta junto com o aumento de temperatura, conseqüentemente uma menor temperatura é necessária para atingir esse novo valor de pressão.

Resposta da questão 10:

Resultante de 50 N.

APÊNDICE C - GUIA DE MONTAGEM, UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO

Para a montagem do aparato experimental são necessárias, do professor ou técnico de laboratório, habilidades mínimas com ferramentas (serra, furadeira e chaves em geral), na identificação dos componentes e no manuseio para o corte da madeira.

Essa primeira consideração não tem como objetivo desencorajar professores que não disponham de muito conhecimento em marcenaria, mas apenas alertá-los para que leiam atentamente este manual e treinem o uso das ferramentas ou procure um profissional capacitado. Procuramos elaborar as orientações da maneira mais clara e objetiva possível para que qualquer professor de Física possa segui-las e obter êxito em seus trabalhos.

2.2 Ferramentas Necessárias

A montagem do kit experimental requer as seguintes ferramentas:

- Serra tico tico ou serrote;
- Furadeira;
- Alicates;
- Chaves de fenda;
- Tesoura;
- Cola branca para madeira;
- Régua ou trena.



Figura 2. Algumas ferramentas usadas na montagem do experimento.

2.3 Materiais Utilizados

Os seguintes componentes e materiais são necessários a montagem do kit experimental:

- 1 madeira pinus de 30 cm de largura por 80 cm de comprimento;
- 1 madeira pinus de 25 cm de largura por 30 cm de comprimento;
- 1 folha de fórmica branca de 30 cm de largura por 80 cm de comprimento;
- 1 haste de ferro com rosca medindo 80 cm de comprimento por 10mm de diâmetro;
- 2,30 metros de mangueira cristal (PVC transparente) de 8 mm de diâmetro;
- 1 conector de mangueira de gás em Y de 8mm de diâmetro (alternativamente pode ser usado um conector em T no lugar de Y);
- 1 boia para caixa de descarga;
- 1 taça de acrílico para vinho;
- 1 prendedor de alumínio;
- 2 porcas para parafuso em rosca de 8mm de diâmetro;

- 2 ruelas de pressão de 8mm;
- 5 parafusos de cabeça redonda com fenda simples de 4 cm de comprimento com suas respectivas ruelas e porcas (duas ruelas para cada parafuso);
- 1 porca borboleta com o mesmo diâmetro dos parafusos acima;
- 1 chapa de ferro medindo 2cm de largura por 30 cm de comprimento;
- Cola de contato para fórmica;
- 4 suportes de madeira em formato quadro de lado 5 cm;
- 4 suportes de madeira em formato retangular medindo 2 cm de largura por 5 cm de comprimento;
- 10 presilhas lacre – 5x200mm na cor branca;
- 1 termômetro digital ou analógico;
- Corante na cor azul.

Na figura 3, mostramos uma imagem geral de alguns dos componentes utilizados no projeto. Em seguida descreveremos cada um deles mais detalhadamente bem como a montagem experimental.



Figura 3. *Alguns componentes e materiais.*

2.3.1 Detalhamento e Considerações dos Componentes da Lista

Dos itens da lista acima, praticamente todos os componentes podem ser facilmente encontrados em armazém de construção ou até em casa mesmo,

uma vez que nosso objetivo é utilizamos materiais de baixo custo, fazendo com o que seja acessível a todos;

A madeira é só um suporte para as mangueiras, pode ser facilmente substituída por qualquer superfície plana;

Utilizamos fórmica para ter um acabamento mais atraente, porém pode ser facilmente substituída por tinta branca;

Por se tratar de um experimento a baixo custo, fica inviável falarmos de preço dos componentes, uma vez que a maioria dos materiais podem ser encontrados facilmente, os que necessitam de serem comprados, os preços variam muito de localidade.

2.4 Montagem do Experimento

Primeiro passo é colar a fórmica na madeira, para isso é aconselhável utilizar uma espátula de ferro, passe cola na fórmica e em seguida na madeira, junte e deixe secar por uma hora. Após esse tempo, utilizando uma furadeira, faça um conjunto de furos (lado a lado) em vários pontos da madeira como mostrado na figura 4; O espaçamento entre os furos de cada par deve ser compatível com a espessura da mangueira.



Figura 4. Suporte de madeira onde as mangueiras serão fixadas.

Em relação à mangueira, corte-a em três partes, de modo que uma parte fique com 1,30m e as outras duas fiquem com 1,00m; Encaixe as três partes no conector Y de modo que a parte maior fique na entrada esquerda do conector. As outras duas partes da mangueira coloque nas outras duas saídas do conector;

A mangueira de saída inferior do conector Y será a que receberá a taça de acrílico, como mostra a figura 5, posteriormente a taça será presa à haste vertical com o auxílio do prendedor de alumínio;



Figura 5. Posição das mangueiras e do “Y” no suporte de madeira.

Em seguida, prenda a mangueira no suporte vertical (figura 5) utilizando as presilhas, deixando-a bem firmes e de modo que o ponto de nó fique para trás;

A haste de ferro deve ser colocada no outro suporte de madeira, na vertical e presa nos dois lados utilizando as porcas e as ruelas correspondentes como mostrado na figura 6.



Figura 6. Haste de ferro onde o funil de acrílico será colocado.

No verso da madeira, coloque o suporte de ferro utilizando as chaves conforme o formato do parafuso use as porcas e as ruelas para dar uma maior firmeza (os parafusos devem ser colocados tanto na madeira vertical como no suporte horizontal).



Figura 7. Suporte de ferro em formato L.

Por fim encaixe o suporte vertical (figura 5) no suporte de ferro em L (figura 7) utilizando os parafusos, porcas e ruelas, certifique que toda a montagem esteja bem firme. Com a chapa estreita de ferro, prenda o copo de acrílico na haste de ferro (figura 6). Concluído esta etapa, o experimento está pronto para os testes e os ajustes.

3. Testes e Ajustes

Com o produto montado é necessário realizar uma série de testes e ajustes para o correto funcionamento do experimento. Coloque as três partes da mangueira na vertical e adicione água até passar das junções dos encaixes das mangueiras, espere um tempo e observe se há algum vazamento;

Segure o bulbo e observe se há alguma mudança de nível da água na mangueira (o nível da mangueira do lado esquerdo deve baixar à medida que o níveis da mangueira do lado direito e da mangueira com a taça devem aumentar numa proporção menor, uma vez que a taça tem uma área maior).

4. Solução de Problemas

Alguns problemas podem contribuir para o mau funcionamento da atividade e, conseqüentemente, nos dados finais obtidos. Eles podem estar ligados à parte das conexões das mangueiras ou relacionado as precisões das medidas. Dessa forma serão elencados abaixo os problemas mais comuns com suas respectivas soluções. Caso o problema não esteja referenciado aqui, entre em contato (rubens.2006@hotmail.com) para mais informações.

4.1. Problema de Ordem Estrutural

Durante a montagem do experimento, é preciso ter bastante cuidado quanto à fixação da mangueira nas saídas bem como em sua vedação, as mangueiras precisam estar perfeitamente encaixadas para não ter vazamento de água nem de ar durante o desenvolvimento do experimento.

Problema	Causa Provável	Solução
Níveis do líquido nos dois lados estão iguais após colocar a água.	Vazamento de ar por alguma conexão mal vedada.	Aperte mais as mangueiras até chegar à seu limite nas conexões, caso o problema persista, coloque cola "DUREPOXI" ao redor da

		ligação.
Vazamento de Água pelo Bulbo.	Pode ser que o diâmetro do orifício do bulbo seja um pouco maior que o diâmetro do orifício da mangueira.	Utilize cola silicone na mangueira e introduza-o no bulbo. Em seguida utilize o "DUREPOXI" e espere secar completamente. Caso o problema persista, o ideal é trocar a mangueira por outra de melhor vedação.

4.2. Problema de Ordem Experimental

Neste ponto presume que o leitor já tenha montado seu experimento com sucesso, observando os problemas e soluções do tópico anterior. Porém, no decorrer do experimento podem ser observadas algumas variações contraditórias ao esperado.

Problema	Causa Provável	Solução
Variações constantes e consideráveis do nível dos líquidos.	Interferência externa de temperatura.	Verifique se existe algum fluxo de calor interferindo no experimento (pode ser que seu corpo esteja em contato com a mangueira).
Os níveis das duas partes da mangueira do lado direito, a de medição e a da taça, não estão iguais.	Bolhas de ar no interior da mangueira.	Pegue a parte móvel da mangueira do lado direito e façamovimentos repetitivos na vertical até toda a bolha de ar sair e os níveis dos líquidos se igualarem.