



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE FÍSICA
LICENCIATURA EM FÍSICA



MANOEL GIOVANE MENDES FERREIRA

**AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE TERMOLOGIA E A TEORIA
DE VIGOTSKI**

GOIÂNIA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE FÍSICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome: Manoel Giovane Mendes Ferreira

Título do trabalho: As atividades experimentais no ensino de termologia e a teoria de Vigotski

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento
[X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)s autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson Adriany Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 29/08/2023, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do



Documento assinado eletronicamente por **Manoel Giovane Mendes Ferreira, Discente**, em 29/08/2023, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4001389** e o código CRC **06BDEF54**.

MANOEL GIOVANE MENDES FERREIRA

**AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE TERMOLOGIA E A TEORIA
DE VIGOTSKI**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Licenciado em
Física, da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha

GOIÂNIA

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Ferreira, Manoel Giovane Mendes

As atividades experimentais no ensino de termologia e a teoria de Vigotski [manuscrito] / Manoel Giovane Mendes Ferreira. - 2023.
LIII, 53 f.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Adriany Ribeiro Da Cunha.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Física (IF), Física, Goiânia, 2023.
Bibliografia. Anexos.
Inclui lista de figuras.

1. Atividade experimental. 2. Ensino de Física. 3. Ensino Médio.. I. Cunha, Jefferson Adriany Ribeiro Da, orient. II. Título.

CDU 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE FÍSICA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 18 dias do mês de agosto de 2023, a partir das 18h, no Laboratório de Mídias do Instituto de Física da UFG, realizou-se a sessão pública de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do estudante do curso de Física, Licenciatura, Manoel Giovane Mendes Ferreira, matrícula 201709172, para apresentar sua monografia intitulada: "AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE TERMOLOGIA E A TEORIA DE VIGOTSKI". A banca examinadora foi composta pelos professores José Rildo de Oliveira Queiroz (IF/UFG), Luiz Gonzaga Roversi Genovese (IF/UFG) e Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha (IF/UFG). A sessão pública de Defesa de TCC foi aberta pelo Presidente da Banca Examinadora, Professor Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha (Orientador), que na sequência passou a palavra para o estudante apresentar sua monografia. Após a exposição, a Banca Examinadora realizou a arguição do estudante. Ao finalizar a arguição, a Banca reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da monografia. A Banca atribuiu ao estudante a nota **10,0**, este foi **APROVADO** na disciplina de TCC. Proclamados os resultados pelo Professor Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha (Presidente), foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson Adriany Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 22/11/2023, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Gonzaga Roversi Genovese, Professor do Magistério Superior**, em 22/11/2023, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Rildo De Oliveira Queiroz, Professor do Magistério Superior**, em 22/11/2023, às 19:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4211719** e o código CRC **C92F3546**.

DEDICATÓRIA

Ao meu avô, *in memoriam*.

À minha família, que foram companheiros em todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e, principalmente, por ser extremamente paciente e piedoso comigo;

Aos professores que, direta ou indiretamente, fizeram parte de minha formação acadêmica e pessoal, em especial aos professores: Prof. Msc. Douglas Xavier – Instituto Federal de Goiás -, Prof. Dr. Giovanni Piacente, Prof. Dr. José Rildo de Oliveira Queiroz, Prof. Dr. Luiz G. R. Genovese, Prof. Dr. Norton Gomes de Almeida, Prof. Dr. Paulo Celso Ferrari, Prof. Dr. Wagner W. Furtado e, em particular, ao Prof. Dr. Orientador **Jefferson Adriany Ribeiro da Cunha**, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, **Francisca Soares** (mãe), **Luciléia Almeida** (esposa), **Everton Mendes, Júnior Mendes** e **Douglas Mendes** (irmãos) que, em boa medida, é meu porto seguro.

Aos amigos e colegas de curso, em especial, aos meus grandes amigos **Reinaldo Junio Miranda** e **Paulo Henrique A. Ananias**.

À equipe do **Colégio Estadual Ary Ribeiro Valadão Filho** pela colaboração, amizade e, acima de tudo, pela acolhida e ensinamentos, pois foi ali que aprendi o verdadeiro significado da docência, em especial ao amigo **Jamil Sahb Filho**.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho, principalmente a turma do segundo ano A da **Escola BioClass +Digital Turma da Mônica**, que, gentilmente se dispôs a participar deste projeto.

Ao professor coordenador de TCC, **Renato Pessoa Vale**, que sempre me incentivou a estudar mais para dar maior qualidade à minha monografia.

"O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano"

(Sir Isaac Newton)

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE TERMOLOGIA E A TEORIA DE VIGOTSKI

RESUMO

O tema principal deste trabalho é a vontade dos autores de apresentar uma sequência didática envolvendo três experimentos alternativos. Sabemos que o experimento de baixo custo, entendido de forma genérica e, portanto, imprecisa como uma atividade prática que possui as seguintes características: facilidade na aquisição de materiais; o valor associado aos objetos empregados; a possibilidade de ser realizado em diversos ambientes e a rapidez na montagem destes em sala de aula. Um fator relevante associado à experimentação de baixo custo é a possibilidade de se sincronizar a experimentação com conhecimentos teóricos utilizando materiais de fácil acesso, desde que o professor opte, por exemplo, por proporcionar a seus alunos atividades práticas que enfatizem a descrição qualitativa dos fenômenos, sem a necessidade de laboratórios sofisticados, não disponíveis na maior parte das escolas de Ensino Médio das escolas públicas e privadas, estabelecendo metas que possam ser alcançadas envolvendo um mínimo de materiais específicos. Para tanto, nos baseamos nas teorias socioconstrutivistas do pensador russo Lev Vygotski (2001), que propicia ao educador conduzir o aluno, por meio da interação social, à aquisição de novos conhecimentos. A experimentação por meio da interação socioconstrutivista favorece o aprendizado de conceitos abstratos como os da termologia.

Palavras-chave: Atividade experimental; Ensino de Física; Ensino Médio.

EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN THE TEACHING OF THERMOLOGY AND VYGOTSKY'S THEORY

ABSTRACT

Main theme of this work is the authors' intention to present a didactic sequence involving three alternative experiments. We know that the low-cost experiment, understood in a general and, therefore, imprecise way, is a practical activity that possesses the following characteristics: ease in acquiring materials; the value associated with the objects used; the possibility of being carried out in various environments, and the quick assembly of these in the classroom. A relevant factor associated with low-cost experimentation is the possibility of synchronizing experimentation with theoretical knowledge using easily accessible materials, provided that the teacher chooses, for example, to offer their students practical activities that emphasize the qualitative description of phenomena, without the need for sophisticated laboratories, which are not available in most public and private high schools, setting achievable goals involving a minimum of specific materials. To achieve this, we are based on the socioconstructivist theories of the Russian thinker Lev Vygotski (2001), which enables the educator to lead the student, through social interaction, to the acquisition of new knowledge. Experimentation through socioconstructivist interaction facilitates the learning of abstract concepts such as those in thermology.

Key words: Experimental Activity; Physics Education; High School.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cópia do termômetro de Galileu Galilei.....	22
Figura 2 - Esquema geométrico entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin	23
Figura 3 - Materiais utilizados na construção do termoscópio caseiro.....	25
Figura 4 - Termoscópio de Galileu com materiais alternativos	25
Figura 5 - Interação dos alunos com o Termoscópio de Galileu.....	26
Figura 6 - Esquema envolvendo uma barra unidimensional para variações de comprimento ΔL	27
Figura 7 - Alguns coeficientes de dilatação linear.	27
Figura 8 - Esquema envolvendo uma chapa metálica bidimensional para variações com um orifício em seu centro	28
Figura 9 - Esquema do modelo das forças entre átomos vizinhos em um material no estado sólido	28
Figura 10 - Materiais utilizados no experimento de dilatação térmica.....	29
Figura 11 - Experimento de dilatação superficial com materiais de fácil acesso	29
Figura 12 - Interação dos alunos com o a moeda de 1 real separada.....	30
Figura 13 - Modelo da máquina inventada por James Watt em 1763.....	31
Figura 14 - Modelo da máquina inventada por Heron de Alexandria	31
Figura 15 - Materiais utilizados na confecção da máquina térmica caseira	33
Figura 16 - Máquina térmica caseira	33
Figura 17 - Alunos interagindo com o experimento	34
Figura 18 - Termômetros apresentados à classe	35
Figura 19 - Efeitos da dilatação em trilhos de trem.....	36
Figura 20 - Efeitos da dilatação térmica em cerâmicas	37

Figura 21 - Efeitos da dilatação térmica em concretos.....	37
Figura 22 - Geladeira tradicional.	38
Figura 23 - Ar-Condicionado Split Hi Wall TCL 18.000 Btus Frio 220v.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	14
2.2 A ESCOLA COMO ESPAÇO POLÍTICO.....	16
2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	17
2.4 AS TEORIAS DE VYGOTSKY SOBRE APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO	18
2.5 COMO AS TEORIAS DE VYGOTSKY SE APLICAM À EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	19
2.6 ESTUDOS QUE EXPLORAM A RELAÇÃO ENTRE AS TEORIAS DE VYGOTSKY E A EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA.....	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 TERMOSCÓPIO CASEIRO DE GALILEU GALILEI.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Brejon (1988) foi com a vinda do primeiro governador geral, Tomé de Souza, em 1549, acompanhado de seis jesuítas, que a educação teve início no Brasil, cujo objetivo era a instrução e evangelização dos brancos mais abastados, dos índios e os mais desafortunados. O modelo educacional implantado pelos colonizadores é o que conhecemos atualmente por modelo tradicional de ensino, de influência francesa, caracterizado pela separação dos alunos em salas, de acordo com o nível de conhecimento que apresentam. Este modelo caracteriza-se pelo avanço às séries seguintes, tendo como critério o pleno domínio dos conhecimentos da série cursada, sendo assim, propedêutico. Segundo Alves (2005), as características instauradas pelos jesuítas a quase meio milênio perduram até nossos dias, tais como: a divisão do trabalho didático; a seriação do ensino; utilização de salas de aula para o ensino; a especialização dos professores; e, ainda, a diferenciação dos conhecimentos.

Por aproximadamente dois séculos a educação brasileira ficou sob a responsabilidade dos padres da Companhia de Jesus. Nosso sistema educacional passou por grandes e significativas mudanças após o marquês de Pombal expulsar os jesuítas de nossas terras, em 1759; pois, segundo o marquês o ensino deveria estar a serviço dos interesses civis e políticos de Portugal. A educação brasileira passou por um período de caos, pois a nova visão do marquês desestruturou todo o modelo educacional organizado pelos jesuítas. Sem estes, o ensino básico passou a sofrer um déficit de mestres. A educação em nosso país só viria se reestruturar com a vinda da família real para o Brasil, no início do século XIX, processando-se total reorganização do sistema educacional, com importantes avanços como, por exemplo, a criação das primeiras instituições de ensino técnico e superior no país.

A educação popular passou por um grande caos em no início do século XIX, pois pelo ato adicional de 1834, a união não teria mais nem um tipo de responsabilidade sobre a educação básica, ficando esta a cargo das províncias, que por sua vez, possuíam poucos recursos financeiros, deixando assim a educação popular em segundo plano. Não fosse o bastante, o governo central, por força de lei, estava proibido de intervir no que se referia ao ensino básico, ficando responsável apenas pelo ensino superior médio. Sendo estas modalidades limitadas à elite, constituindo-se o ensino superior por aulas avulsas e parceladas.

É nesse contexto que surge, entre outras escolas, o Colégio Dom Pedro II, baseado no modelo francês de ensino, isto é, a escolarização seriada. Não houve muitas alterações quanto ao modelo tradicional, sendo que a mudança mais significativa desse período foi à estruturação nos conteúdos ensinados nas escolas. Ainda que timidamente, as ciências físicas e naturais, história e geografia, passaram a fazer parte da grade escolar, sendo que esta anteriormente era composta somente por estudos literários clássicos e modernos e matemática. Em 3 de maio de 1889, D. Pedro II, em seu último discurso no trono, propõem a organização de um amplo sistema nacional de instrução pública e a criação do ministério da instrução. O período que sucede a proclamação é marcado por grandes transformações econômicas e sociais no país, cujas implicações se refletem na educação. Entretanto, o Colégio D. Pedro II continuou sendo referência no país, perdendo seu status somente na década de 1960.

Uma característica essencial desse período, conforme era defendido por Rui Barbosa, foi a separação entre estado e igreja. Em 1890, com Benjamin Constant como Ministro da Instrução, a educação básica passa a sofrer forte influência da escola positivista, tendo sido incluídos em seu currículo o conteúdo de ciências fundamentais (Matemática, Astronomia, Física, Química, Biologia e Sociologia), conforme era defendido pelos positivistas, como Augusto Comte.

O sistema educacional brasileiro passou por grandes e significativas mudanças na primeira república como, por exemplo, a obrigatoriedade de laboratórios didáticos para desenvolver os conteúdos de Física e Química. No entanto, os resultados esperados no ensino dessas duas disciplinas não foram alcançados, pois as aulas continuavam expositivas. A educação só viria ser palco de debates nacionais e não mais discussões isoladas em 1920. Dessas discussões, é claro que com um amadurecimento acerca da educação como uma questão nacional, em 1924, fora criada a Associação Brasileira de Educação – ABE. Essa associação foi de suma importância, pois foi a partir de discussões acerca da educação que se originaram várias ideias, as quais vieram ser proposições de importantes documentos daquele período. Como exemplo desses documentos podemos citar o Manifesto dos Pioneiros e a Constituição de 1934.

Com o fim da República Velha (após a Revolução de 1930) a educação passou a ser vista por outra perspectiva, isto é, ela agora passou a ser uma alternativa para o desenvolvimento econômico e social do país. É válido lembrar que até a República

Velha o Brasil era essencialmente agrário e artesanal, porém com a Revolução de 1930 o país passou por grandes transformações políticas, a começar pela economia, que passou a ser urbana e industrial. A educação, que até então era privilégio de poucos, passou a ser pensada com um outro viés como fora mencionado. Um marco importante nesse período é a reforma Francisco Campos, caracterizada por uma série de decretos que dispunham sobre a organização dos ensinos superior e médio, secundário e profissional.

Da reforma podemos citar dois fatores de substancial importância: para a elite – a criação da Faculdade de Educação, Ciências e Letras, que visava a formação de professores para o ensino secundário das elites. Caracterizado pelo modelo propedêutico de ensino, baseado na preparação do educando para o ensino superior, sendo de caráter seletivo, elitista e preparatório; para a grande massa – a principal mudança foi a instituição do ensino profissionalizante, que tinha (tem) por base preparar os alunos para o mercado de trabalho.

Não podemos deixar de mencionar a importância do “Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova”, que fora lançado em 1932 por 25 (vinte e cinco) intelectuais. A principal reivindicação era uma política educacional e um projeto para pô-la em execução. Esse documento tem uma grande importância histórica e isso pode ser visto por meio da incorporação dos seus objetivos nos textos constitucionais, exceto a de 1937.

O ano de 1945 entrou para a história, pois esta marca o final da Segunda Guerra Mundial e um novo marco para a história. Este período é marcado por conflitos políticos, sociais e econômicos. No Brasil ficou marcado pela renúncia do presidente Getúlio Vargas, em outubro daquele ano, e pela eleição de Eurico Gaspar Dutra, que promulgou a constituição de 1946. No que diz respeito a educação, um marco importante foi a discussão em torno da elaboração da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB. Ainda no ano de 1946 o Brasil e os Estados Unidos (EUA) firmaram um acordo para equipar 33 escolas técnicas industriais, fazendo com que os americanos aumentassem sua influência no contexto educacional nacional.

A característica que mais marcou o sistema educacional nacional a partir de 1950, foi a expansão geral do ensino. No Brasil, as matrículas de ensino primário e de ensino médio, entre 1920 e 1970, ultrapassaram os índices de crescimento populacional. Da perspectiva de sua organização interna, o nosso sistema de

educação atual é resultado de significativas modificações, realizadas em 1971, 1988 e 1996. Com a (Lei n.º 5.692/71), a escola primária e o ginásio foram fundidos e denominados de ensino de 1º grau. O antigo colégio passou a se chamar ensino de 2º grau. O ensino obrigatório estendeu-se, assim, para oito anos.

Diante deste contexto histórico da educação brasileira, procuramos um norte para o ensino de ciências, em particular a física e, mais especificamente, o uso do laboratório em sala de aula à luz da Teoria de Vygotsky, que possui dois conceitos primordiais: zona de desenvolvimento proximal (ZDP) e zona de desenvolvimento real (ZDR). A pesquisa será de natureza qualitativa e quantitativa (GÜNTHER, 2006), por meio de três experimentos didáticos de física, envolvendo os conceitos de termometria, dilatação e contração térmica e as Leis da Termodinâmica. O quão significativo pode ser a abordagem experimental em sala de aula, para a aquisição de novos conceitos de termologia? Quais as limitações dessa abordagem pedagógica?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A aula prática, designada por alguns autores como aulas experimentais ou laboratório, no ensino de física desempenha um papel primordial no processo de aprendizagem dos alunos, pois ela proporciona uma abordagem prática de certos conceitos teóricos, permitindo que os estudantes vivenciem e explorem fenômenos físicos de forma direta. Essa abordagem experimental contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, investigativas e críticas, além de despertar o interesse dos estudantes pela ciência (HODSON, 1994). A importância da experimentação no ensino de física pode ser discutida a partir de diferentes perspectivas.

Primeiramente, a experimentação promove a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Ao realizar experimentos, eles têm a oportunidade de formular hipóteses, realizar observações, coletar dados e analisar resultados (HODSON, 1994). Esse processo envolve a interação direta com os fenômenos físicos, possibilitando a compreensão das relações entre teoria e prática. A experimentação estimula a curiosidade, a investigação e a reflexão, promovendo um aprendizado mais significativo e duradouro (MOREIRA, 1999).

A atividade prática potencializa o desenvolvimento de habilidades essenciais à vida escolar, como: aprender a planejar e conduzir experimentos, utilizar instrumentos de medida, registrar e analisar dados, interpretar resultados e a comunicar suas descobertas. Essas habilidades são fundamentais não apenas para o estudo da física, mas também para o desenvolvimento de uma postura científica, como a capacidade de formular perguntas, levantar hipóteses e buscar evidências para responder a questões abertas (HODSON, 1994).

A aula prática em física propicia a contextualização dos conteúdos abordados em sala de aula. Por meio dos experimentos, os alunos passam a ter condições de relacionar os conceitos aprendidos nas aulas teóricas com situações do mundo real. Eles podem observar a aplicação dos princípios físicos em fenômenos do cotidiano, compreendendo sua relevância e utilidade. A contextualização torna o ensino de física mais significativo, aproximando-o da vida dos estudantes e demonstrando sua importância para a compreensão do mundo que nos rodeia.

De acordo com Gaspar (2014), no que diz respeito a experimentação no ensino da física, há variadas formas de promover a aula prática como, por exemplo, o laboratório demonstrativo – onde o professor chega à sala de aula com o experimento já montado e se demonstra-o à turma, discutindo os fenômenos envolvidos; laboratório aberto, onde o estudante monta os experimentos, mediante um manual e, assim, levanta hipóteses e as testa. Há, pelo menos, duas modalidades de laboratórios: didático e alternativo. Este último também é designado na literatura como laboratório de baixo custo, a qual faremos uso neste trabalho.

O termo baixo custo não significa dizer que os materiais são recicláveis ou algo do tipo, e sim que são acessíveis. A experimentação alternativa no ensino de física é uma abordagem pedagógica que utiliza materiais simples, que podem ser encontrados em nosso cotidiano, para promover a realização de experimentos práticos em sala de aula. Esse modelo de laboratório tem como objetivo principal viabilizar a experimentação em contextos educacionais com recursos limitados, incentivando um aprendizado mais dinâmico, inclusivo e democrático (GOMES, 2016).

Um dos principais benefícios da experimentação alternativa é a real possibilidade de se utilizar materiais de fácil obtenção, como objetos do cotidiano, sucata, materiais recicláveis ou de baixo valor comercial. Esses materiais podem ser adaptados e transformados em instrumentos e montagens experimentais simples, que permitem a investigação de fenômenos físicos relevantes. Dessa forma, a experimentação de baixo custo incentiva o uso da criatividade, tanto de professores quanto dos estudantes, promovendo a construção coletiva de soluções práticas para a realização dos experimentos (LEAL JUNIOR & SILVA, 2022).

Segundo Araújo & Abib (2003) outro benefício da experimentação alternativa é a promoção da autonomia dos alunos. Pois, ao utilizar materiais de fácil acesso, os discentes têm a possibilidade de reproduzir os experimentos além da sala de aula (LEAL JUNIOR & SILVA, 2022). Isso amplia as oportunidades de aprendizagem e permite que os estudantes explorem os fenômenos físicos de forma independente, desenvolvendo habilidades de investigação e autonomia no processo de construção do conhecimento. Todavia, é importante ressaltar a importância do professor no processo de construção do conhecimento, pois, como pessoa mais experiente, tem condições pedagógicas de conduzir o processo. Um cuidado que se deve ter é que a atividade educativa não vire apenas uma brincadeira sem finalidade pedagógica.

É importante ressaltar que a experimentação de baixo custo não substitui a importância de laboratórios equipados. No entanto, ela representa uma alternativa viável em contextos educacionais com recursos limitados. Outrossim, essa abordagem pode ser complementada com o uso de simulações computacionais, vídeos educativos e outras tecnologias digitais, enriquecendo ainda mais o processo de ensino e aprendizagem.

2.2 A ESCOLA COMO ESPAÇO POLÍTICO

Segundo Freire (2019), a escola deve ser entendida como um espaço de grande importância na formação dos indivíduos, não apenas no aspecto acadêmico, mas também como um espaço político. Ela desempenha um papel fundamental na construção de cidadãos críticos, conscientes de seus direitos e deveres na sociedade. Nesse contexto, é essencial compreender a escola como um ambiente onde as relações de poder se manifestam e onde ocorre a formação política dos estudantes.

Primeiramente, é necessário entendermos que a escola é um microcosmo da sociedade onde se encontra inserida, refletindo suas estruturas políticas, sociais e culturais presentes no mundo exterior. Dentro desse contexto, a escola se torna um espaço de disputas e exercício de poder, onde ideologias, interesses e valores são transmitidos, reforçados ou contestados (BORDIEU, 1992). Portanto, os conteúdos curriculares, as práticas pedagógicas, a organização escolar e as relações interpessoais são elementos que estão permeados por relações de poder.

Desta forma, notamos que os currículos escolares são construídos de acordo com determinadas perspectivas políticas e ideológicas, refletindo a visão de mundo de quem os elabora, ou seja, não há currículos despojados de uma opinião alheia. Por meio do currículo, são transmitidos conhecimentos, valores e interpretações da realidade que podem influenciar a formação política dos estudantes. Portanto, é dever da escola, como espaço político, a promoção de uma educação que reflexiva e crítica, da pluralidade de pensamentos e de ideias, para que os alunos tenham condições de desenvolver sua própria consciência política.

À parte disso, as práticas pedagógicas adotadas na escola também possuem uma dimensão política. A forma como o conhecimento é transmitido, as relações de

poder estabelecidas entre professores e alunos, a participação dos estudantes nas decisões que afetam seu cotidiano escolar, tudo isso contribui para a formação política dos indivíduos (SAVIANI, 2001; GADOTTI, 2000). Uma escola que promove a participação ativa dos discentes em processos democráticos, que estimula o debate e a reflexão crítica, está fornecendo ferramentas para que os alunos se tornem cidadãos engajados e politicamente conscientes.

A organização escolar também desempenha um papel político importante. A maneira como as hierarquias são estabelecidas, a distribuição de poder e a tomada de decisões dentro da escola refletem dinâmicas políticas presentes na sociedade (VIEIRA, 2001). O ideal é a existência de uma gestão democrática, que envolve a participação de todos os membros da comunidade escolar na definição de objetivos, na elaboração de projetos e na resolução de conflitos, pois esta prática corrobora para a formação de uma consciência política coletiva e para o exercício da cidadania.

Por fim, as relações interpessoais no ambiente escolar também são permeadas por questões políticas. As interações entre estudantes, professores, funcionários e pais podem reproduzir ou desafiar estereótipos, preconceitos e relações de poder presentes na sociedade (SAVIANI, 2001). Desta forma, a escola deve ser um espaço onde a diversidade seja valorizada, os direitos humanos sejam respeitados e o diálogo seja incentivado. Somente assim é possível construir um ambiente que promova a formação política dos estudantes de maneira crítica e emancipatória.

2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A alfabetização pode ser entendida como a apropriação de um sistema de códigos que permite interpretar o mundo que nos cerca, na alfabetização tradicional dá-se por meio do domínio da leitura e escrita. Atualmente, podemos falar em pelo menos três modos de alfabetização: tradicional (leitura e escrita), digital e científica.

A alfabetização científica pode ser definida como uma sequência de ações que incentivem os educandos a interagirem com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, modificando-os e a si mesmos, desenvolvendo saberes e habilidades associadas ao fazer científico (ARAÚJO, CHESINI & ROCHA FILHO, 2014). Ela visa dar ao estudante condições de entender

o processo pelo qual os conhecimentos científicos são formulados e validados. A alfabetização científica é uma habilidade crítica na formulação de leis e na tomada de decisões sociopolíticas. Haja vista que estamos vivenciando uma das maiores transformações protagonizadas pela humanidade – o advento da internet, definida por alguns autores como revolução tecnológica.

À parte isso, a alfabetização científica propicia uma maior participação dos cidadãos nas tomadas de decisão relacionadas à ciência e à tecnologia. Ao compreenderem os princípios subjacentes a questões complexas, as pessoas se tornam mais aptas a participarem ativamente no processo de tomada de decisões em políticas públicas (STRIDER, 2012).

No contexto educacional atual, urge que a alfabetização científica seja tratada como prioridade, devendo ser iniciada nos primeiros anos escolares e sendo desenvolvida no curso da vida de cada indivíduo. Para tanto, é essencial que nossos currículos escolares passem por reformulações, que contemplem atividade práticas, experimentação e análises críticas de informações científicas e éticas sobre ciência e tecnologia. Além disso, é necessário a promoção da divulgação científica e o acesso a informações científicas para além da comunidade acadêmica (CACHAPUZ, et al., 2011).

2.4 AS TEORIAS DE VYGOTSKY SOBRE APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO

Lev Vygotsky foi um psicólogo russo que desenvolveu uma teoria sociocultural da aprendizagem e do desenvolvimento humano. Segundo ele, o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, que possibilita a geração de novas experiências e conhecimento (VYGOTSKI, 2001).

A teoria de aprendizagem segundo Vygotsky é baseada no construtivismo social, que afirma que a mente e suas funções são originadas na cultura e na interação com os outros (GASPAR, 2014). Vygotsky defende que a criança nasce com funções psicológicas elementares e que se transformam em funções psicológicas superiores, como o pensamento abstrato, com o aprendizado da cultura (VYGOTSKI, 2001).

Porquanto, a teoria sociocultural de Vygotsky é uma teoria de aprendizagem que enfoca as importantes contribuições que a sociedade traz para o desenvolvimento individual. Essa teoria enfatiza a interação entre as pessoas em desenvolvimento e a cultura em que vivem (VYGOTSKI, 2001). Portanto, para o pensador russo, o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, que possibilita a geração de novas experiências e conhecimento (VYGOTSKI, 2001).

A teoria sociocultural pode ser aplicada na educação de diversas formas. Na teoria sociocultural, educandos e professores estabelecem relações na sala de aula para ajudar o aluno a aprender. As relações ajudam a facilitar a interação social e a participação ativa nas tarefas de aprendizagem. Os alunos aprendem através da observação, ouvindo e falando através de suas tarefas (VYGOTSKI, 2001). Assim, o educador é um mediador entre o aluno e o conhecimento. O professor deve criar situações em que o aluno possa interagir com outros alunos e com o meio ambiente para que possa construir seu próprio conhecimento (VYGOTSKI, 2001).

De acordo com Vygotski (2001), a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é um conceito que define a distância entre a zona de desenvolvimento real (ZDR), determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro. A ZDP é fomentada pela interação de um indivíduo aprendiz com outros indivíduos com maior experiência (GASPAR, 2014). Assim, é papel do professor elaborar atividades que propiciem a interação entre alunos e com o próprio educador, para que o indivíduo mais experiente conduza o aluno, levando-o da ZDP a ZDR.

2.5 COMO AS TEORIAS DE VYGOTSKY SE APLICAM À EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

As teorias de Vygotsky sobre aprendizagem e desenvolvimento se aplicam à experimentação no ensino de física por meio da ideia da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que, como salientado anteriormente, define a distância aquilo que o aluno é capaz de aprender sozinho, sem ajuda de outrem e o aquilo que o educando está maduro para aprender, sob orientação de um indivíduo mais experiente, seja o professor, seja um colega de sala de aula (GASPAR, 2014). Assim, a ZDP é

fomentada pela interação de um indivíduo aprendiz com outros indivíduos com maior experiência.

A experimentação no ensino de física pode ser uma forma eficaz de promover a aprendizagem significativa dos alunos, pois permite que eles construam seu próprio conhecimento por meio da exploração e descoberta (MOREIRA, 1999). Além disso, a experimentação pode ajudar os alunos a compreender conceitos abstratos e complexos, tornando-os mais concretos e tangíveis (HODSON, 1994).

Ao aplicar as teorias de Vygotsky à experimentação no ensino de física, os professores podem ajudar os alunos a alcançar seu potencial máximo. Isso pode ser feito por meio da criação de atividades que estejam dentro da ZDP dos alunos, permitindo-lhes trabalhar em conjunto com outros alunos ou com o professor para alcançar seus objetivos (GASPAR, 2014). Portanto, é importante que os objetivos desejados a serem alcançados estejam claros no planejamento do professor, para que a melhor estratégia pedagógica possa ser empregada.

2.6 ESTUDOS QUE EXPLORAM A RELAÇÃO ENTRE AS TEORIAS DE VYGOTSKY E A EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Existem alguns estudos que exploram a relação entre as teorias de Vygotsky e a experimentação em sala de aula (EVANGELISTA & CHAVES, 2019; GUERRA, 2012; GASPAR, 2014). Esses trabalhos mostram que a experimentação pode ser uma forma eficaz de promover a aprendizagem significativa dos alunos, pois permite que eles atuem como agentes na construção do próprio conhecimento (GASPAR, 2014). Além disso, a experimentação pode ajudar os alunos a compreender conceitos abstratos e complexos, tornando-os mais concretos e tangíveis.

Os estudos também mostram que a aplicação das teorias de Vygotsky à experimentação em sala de aula pode ajudar os alunos a alcançar seu potencial máximo (GASPAR, 2014). Isso pode ser feito por meio da criação de atividades que estejam dentro da ZDP dos alunos, permitindo-lhes trabalhar em conjunto com outros alunos ou com o professor para alcançar seus objetivos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento das atividades que compõem esse trabalho desenvolvido na Escola BioClass +Digital Turma da Mônica e previamente acordado com a coordenação da escola, que acompanharam toda sua implantação.

As atividades propostas nessa etapa de desenvolvimento do Trabalho aconteceram durante as aulas regulares dos estudantes, a saber, no matutino, e consistiu basicamente em apresentar a proposta de seu desenvolvimento aos discentes e das aplicações dos experimentos. A exposição dos conteúdos abordados na pesquisa foi realizada por meio de duas metodologias: tradicional de ensino – aula dialogada, fundamentada no livro texto, resolução de exercícios fechados, uso de quadro e giz ou projetor para abordar determinados temas; a outra metodologia foi a utilização de aulas práticas, de natureza demonstrativa. No decorrer das aulas foram tratadas curiosidades envolvendo os conceitos de termometria, dilatação e contração térmica e máquinas térmicas, conforme apresentado nos resultados e discussões.

Por fim, foram passados exercícios à turma, a fim de verificarmos os conhecimentos assimilados pelos alunos.

Os questionários diagnósticos e o teste de conhecimentos prévios foram aplicados e, posteriormente, a professora-orientadora deu um *feedback* à turma quanto à sua percepção acerca da classe. Para tanto, a pesquisa foi dividida em nove aulas.

Aula 1: Apresentação da proposta de trabalho e aplicação do questionário (Anexo A).

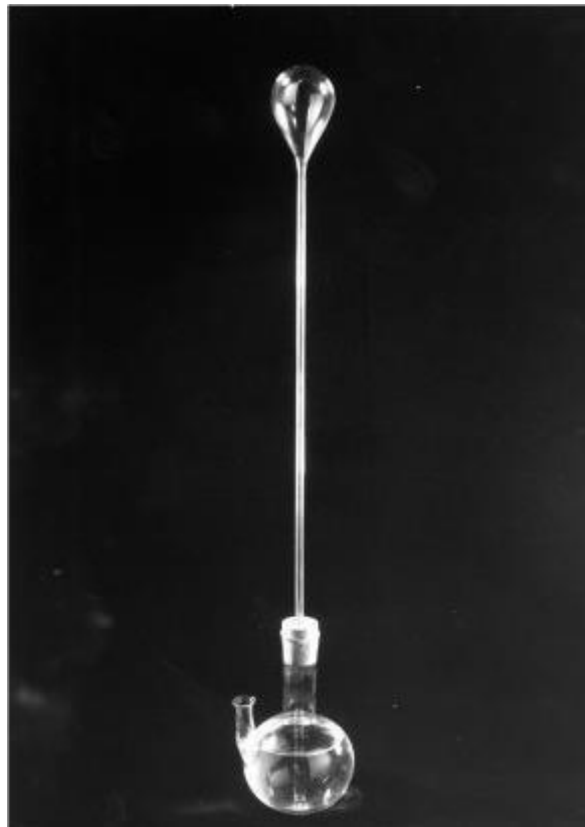
3.1 TERMOSCÓPIO CASEIRO DE GALILEU GALILEI

Segundo Cunha & Queirós (2023), as primeiras tentativas que se tem notícia de aferir a temperatura surgiram na Grécia Antiga com Filon de Bizâncio (280 a.C. – 220 a.C.) e Heron de Alexandria (10 d.C. – 80 d.C.). Todavia, eles não atingiram precisão em suas medições

O termoscópio de Galileu foi um dos primeiros instrumentos da era moderna utilizados para medir a temperatura. Ele foi inventado por Galileu Galilei (1564-1642) em 1593 e consistia em um tubo de vidro com uma esfera de vidro na extremidade inferior, conforme indica a figura [1]. Este dispositivo precede os atuais termômetros de bulbo. O tubo era preenchido com água ou ar e a esfera era preenchida com ar. Quando a temperatura aumentava, o ar dentro da esfera se expandia e empurrava a

água ou o ar para baixo no tubo. Quando a temperatura diminuía, o ar dentro da esfera se contraía e permitia que a água ou o ar subisse no tubo (CUNHA & QUEIRÓS, 2023)

Figura 1 - Cópia do termômetro de Galileu Galilei



Fonte: <https://origemdascoisas.com/a-origem-do-termometro/>

O termoscópio de Galileu foi um importante avanço na medição da temperatura, mas não era muito preciso. Ele também não tinha uma escala para medir a temperatura, então os usuários tinham que confiar em sua própria interpretação dos resultados. De acordo com Cunha & Queirós (2023), a maior limitação deste dispositivo, como um aferidor de temperatura, era a sensibilidade à variação de pressão, uma vez que o bulbo se encontrava aberto, em contato com meio externo do termoscópio.

Em 1630, o médico Jean Rey (1582-1632) substituiu o ar por água, no interior do termoscópio. Fernando II de Toscana (1610-1670), a fim de resolver o problema da variação de pressão atmosférica, construiu um termômetro com a extremidade fechada e passou a usar álcool como substância a ser dilatada no interior do termômetro (CUNHA & QUEIRÓS, 2023). Outra contribuição significativa foi dada por

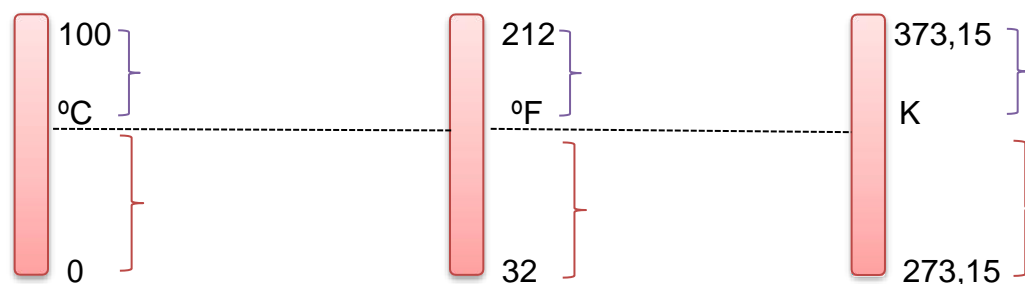
Joachin Dalence (1640-1707) ao estabelecer, pela primeira vez, dois pontos fixos para se determinar uma escala (CUNHA & QUEIRÓS, 2023).

A mais relevante contribuição foi dada por pelo físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), ao construir um termômetro de mercúrio de uso prático (CUNHA & QUEIRÓS, 2023). Atualmente, essa escala é utilizada principalmente nos países de língua inglesa e do leste europeu, pois, como comenta Cunha & Queirós (2023), nestes locais, por serem muito frios, as temperaturas geralmente assumem valores positivos. Outra vantagem dessa escala é que ela é mais precisa na aferição do estado febril ($100\text{ }^{\circ}\text{F}$) (CUNHA & QUEIRÓS, 2023). Seus pontos fixos são $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ e $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ para os pontos de fusão e ponto de ebulição da água, respectivamente.

Todavia, a escala mais usada no mundo é a escala criada pelo cientista sueco Anders Celsius (1701-1744), cujos pontos fixos são o de congelamento ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e o de ebulição da água ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$), respectivamente (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012). Por fim, e não menos importante, temos a escala criada pelo cientista inglês William Thomson (1824-1907), conhecido por seu título de barão – Lord Kelvin. A escala Kelvin é utilizada principalmente na ciência e na engenharia. Ela é baseada no zero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) e não possui valores negativos. O ponto de congelamento da água na escala Kelvin é $273,15\text{ K}$ e o ponto de ebulição da água é $373,15\text{ K}$. Uma contribuição importante de Kelvin à ciência foi a definição de zero absoluto, que consiste na temperatura mais baixa possível que pode ser alcançada. Ela é igual a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou 0 K . Nessa temperatura, as moléculas não têm energia térmica e estão completamente paradas (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A relação matemática entre as escalas termométricas mencionadas acima é dada pela equação [1].

Figura 2 - Esquema geométrico entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.



Fonte: o autor.

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{K - 273,15}{373,15 - 273,15}$$

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273,15}{100}$$

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273,15}{100}$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273,15}{5} \quad (1)$$

Atualmente existem pelo menos três tipos de termômetros: o termômetro de mercúrio, o termômetro digital e o termopar. Cada tipo de termômetro tem suas especificidades, apresentando vantagens e desvantagens (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

O termômetro de mercúrio é um dos mais comuns e consiste em um tubo de vidro com mercúrio dentro. Quando a temperatura aumenta, o mercúrio se expande e sobe no tubo. Quando a temperatura diminui, o mercúrio se contrai e desce no tubo (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

O termômetro digital é mais preciso do que o termômetro de mercúrio e pode ser lido com mais facilidade. Ele consiste em um sensor que mede a temperatura e exibe o resultado em uma tela (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

Já o termopar é um tipo de termômetro que utiliza dois metais diferentes para medir a temperatura. Quando os metais são aquecidos, eles geram uma diferença de potencial elétrico que pode ser medida para determinar a temperatura (PIRES; AFONSO; CHAVES, 2006).

Aula 2: Aula prática (Termoscópio caseiro).

Abaixo, conforme mostra a figura [3], encontram-se os materiais utilizados na confecção do termômetro de Galileu.

Materiais utilizados para a realização do experimento

- Martelo;
- Massa durepox;
- Serrinha;
- 50 cm de mangueira transparente;
- Chaves de fenda e philips;

- Álcool;
- Corante alimentar vermelho;
- Pregos 12x12;
- Madeiras de compensado;
- Suporte de ferro;
- Cola quente;
- Lâmpada transparente;
- Recipientes com água quente e fria.

Figura 3 - Materiais utilizados na construção do termoscópio caseiro.



Fonte: o autor.

Este experimento, por questões pedagógicas, conforme o planejamento, de avaliarmos o alcance do laboratório alternativo expositivo, foi montado pelo sem a participação dos alunos. A montagem final do experimento está apresentada na figura [4], logo abaixo.

Figura 4 - Termoscópio de Galileu com materiais alternativos.



Fonte: o autor.

Na figura [5], vemos os alunos manuseando o experimento.

Figura 5 - Interação dos alunos com o Termoscópio de Galileu.



Fonte: o autor.

Aula 3: Aula expositiva dialogada – conversão de escalas termométricas.

3.2 EXPERIMENTO DE DILATAÇÃO TÉRMICA (SEPARAÇÃO DAS PARTES DA MOEDA DE 1 REAL)

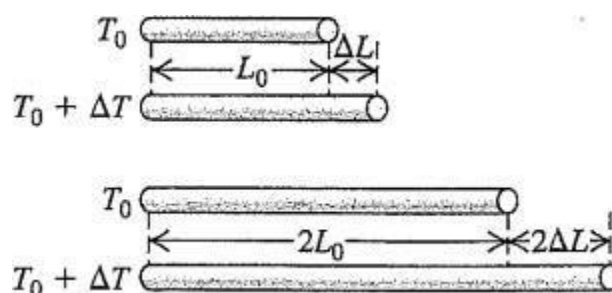
A dilatação térmica é um fenômeno físico que ocorre quando um corpo sofre uma variação de temperatura. De uma maneira geral, os corpos, sejam eles sólidos ou fluidos, aumentam suas dimensões quando aumentam sua temperatura. Isso acontece porque as moléculas que compõem o corpo se agitam e geram o aumento da distância entre elas. O contrário também é verdadeiro: quando a temperatura diminui, as dimensões do corpo diminuem, denominado de contração térmica (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Curiosamente, conforme elucidada Cunha & Queirós (2023), a dilatação térmica, tanto em sólidos quanto em líquidos, teve seus estudos impulsionados pela indústria no ramo de relojoaria, evidenciando a não neutralidade da ciência.

Existem três tipos de dilatações térmicas: linear, superficial e volumétrica. A dilatação linear ocorre em apenas uma dimensão do corpo; a superficial ocorre em duas dimensões e a volumétrica ocorre nas três dimensões do corpo.

Por meio da prática empírica é possível observar que quando variamos positivamente a temperatura de uma barra de metal, suas dimensões aumentam, conforme ilustrado na figura [6] a seguir:

Figura 6 - Esquema envolvendo uma barra unidimensional para variações de comprimento ΔL .



Fonte: (YOUNG & FREEDMAN, 2008, p.185).

A expressão matemática que possibilita o cálculo da variação de uma barra em função da variação de temperatura é dada pela equação [2], a seguir

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (2)$$

Onde α é uma constante de proporcionalidade, a qual está intimamente associada as propriedades particulares de cada material em estudo, pois é ela quem descreve as propriedades da expansão e contração térmicas. A constante α é denominada de coeficiente de dilatação linear, e suas unidades de medidas são K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$. Abaixo seguem os valores do coeficiente de dilatação linear de alguns materiais:

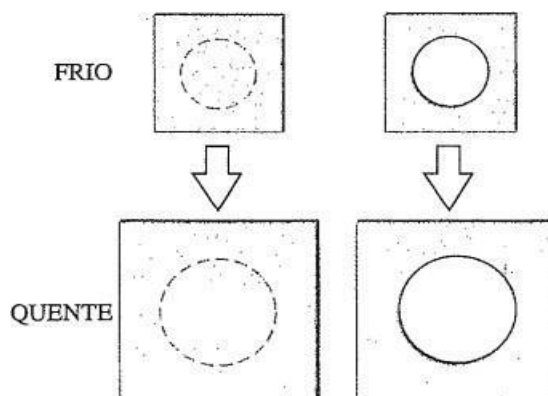
Figura 7 - Alguns coeficientes de dilatação linear.

Substância	$\alpha (10^{-6}/C^{\circ})$	Substância	$\alpha (10^{-6}/C^{\circ})$
Gelo (a $0^{\circ}C$)	51	Aço	11
Chumbo	29	Vidro (comum)	9
Alumínio	23	Vidro (Pyrex)	3,2
Latão	19	Diamante	1,2
Cobre	17	Invar ^b	0,7
Concreto	12	Quartzo fundido	0,5

Fonte: (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

De forma análoga, podemos esquematizar um sistema que represente a dilatação superficial, conforme indica a figura [8] abaixo:

Figura 8 - Esquema envolvendo uma chapa metálica bidimensional para variações com um orifício em seu centro



Fonte: (YOUNG & FREEDMAN, 2008, p.186).

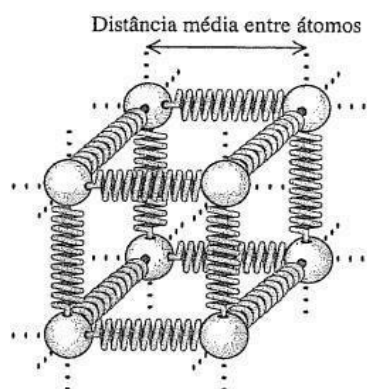
E, assim, também podemos escrever uma equação que descreva a dilatação em duas dimensões:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (3)$$

Onde β é a constante de proporcionalidade, e pode ser escrita em função de α , da seguinte forma: $\beta = 2\alpha$. Ela é denominada de coeficiente de dilatação superficial, e, assim como na dilatação linear, suas unidades de medidas são K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$.

Para o caso da dilatação volumétrica em sólidos, temos o seguinte esquema:

Figura 9 - Esquema do modelo das forças entre átomos vizinhos em um material no estado sólido.



Fonte: (YOUNG & FREEDMAN, 2008, p.185).

E, de forma análoga às situações anteriores, pode ser descrita matematicamente pela equação [4].

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad (4)$$

Onde γ é a constante de proporcionalidade, e pode ser escrita em função de α , da seguinte forma: $\gamma = 3\alpha$. Ela é denominada de coeficiente de dilatação superficial, e, assim como na dilatação linear, suas unidades de medidas são K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$.

A dilatação térmica é um fenômeno importante em diversas áreas da ciência e da tecnologia. Por exemplo, na construção de pontes e viadutos é necessário levar em conta a dilatação térmica dos materiais para evitar problemas estruturais. Além disso, a dilatação térmica é utilizada em termômetros e termostatos.

Aula 4: Aula prática (Separação da moeda de 1 real).

Materiais utilizados para realização do experimento

- Moeda de 1 real;
- Alicate;
- Maçarico.

Figura 10 - Materiais utilizados no experimento de dilatação térmica.



Fonte: Montagem feita pelo autor.

A figura [11] apresenta duas moedas de 1 real, antes e depois da separação, por meio da dilatação térmica.

Figura 11 - Experimento de dilatação superficial com materiais de fácil acesso.



Fonte: o autor.

Na imagem a seguir, seguem os alunos interagindo com o resultado experimental.

Figura 12 - Interação dos alunos com o a moeda de 1 real separada.



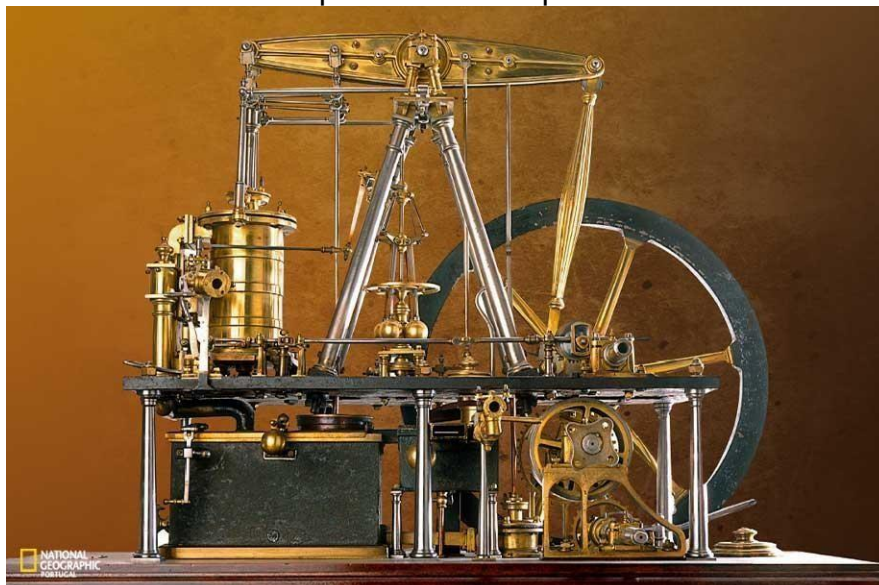
Fonte: o autor.

Aula 5: Aula expositiva dialogada – Dilatação térmica.

3.3 MÁQUINA TÉRMICA CASEIRA

As máquinas térmicas foram fundamentais para o desenvolvimento tecnológico da humanidade, a começar pela Revolução Industrial, os meios de transporte e a produção de energia. No entanto, as máquinas térmicas obtiveram destaque de fato apenas no século XVII, quando James Watt (1736 – 1819), em 1763, criou uma máquina, figura [13], que possuía maior eficiência do que as que eram até então conhecidas (LAGE, 2020).

Figura 13 - Modelo da máquina inventada por James Watt em 1763.



Fonte: https://www.nationalgeographic.pt/historia/james-watt-e-o-caminho-para-a-revolucao-industrial_3002.

As primeiras máquinas térmicas foram desenvolvidas no século XVII e XVIII. A primeira máquina térmica que utilizava o princípio do vapor foi construída por Heron, em Alexandria, figura [14], (LAGE, 2020). No entanto, foi apenas no século XVIII que as máquinas térmicas começaram a ser utilizadas em larga escala.

Figura 14 - Modelo da máquina inventada por Heron de Alexandria.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Eol%C3%ADpila>

Assim, há aproximadamente dois milênios, sabemos que as máquinas térmicas são dispositivos que convertem energia térmica em trabalho. Elas são utilizadas em diversas aplicações no nosso cotidiano, como por exemplo:

- Motores de combustão interna: são utilizados em veículos automotores, como carros e motos. Eles transformam a energia térmica gerada pela queima de combustível em trabalho mecânico, que é utilizado para movimentar o veículo.
- Geradores de energia elétrica: as usinas termelétricas utilizam máquinas térmicas para gerar energia elétrica. Elas funcionam a partir da queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, que geram vapor d'água. Esse vapor é utilizado para movimentar as turbinas das máquinas térmicas, que geram energia elétrica.
- Ar-condicionado: os aparelhos de ar-condicionado utilizam máquinas térmicas para retirar o calor do ambiente e resfriá-lo. Eles funcionam a partir da compressão e expansão de um gás refrigerante, que absorve o calor do ambiente e o libera no ambiente externo.
- Geladeiras: as geladeiras também utilizam máquinas térmicas para retirar o calor do interior e resfriá-lo. Elas funcionam a partir da compressão e expansão de um gás refrigerante, que absorve o calor do interior da geladeira e o libera no ambiente externo.

Aula 6: Aula prática (Máquina térmica caseira).

Materiais utilizados para realização do experimento

- Latinha de alumínio totalmente fechada;
- Linha de nylon;
- Água à temperatura ambiente;
- Vela e fósforo.

Abaixo seguem os materiais necessários para a construção de uma máquina térmica com materiais de fácil acesso. Para tanto, é necessário fazer quatro furos bem pequenos nas laterais da latinha de alumínio, para a saída do vapor. Posteriormente, enchê-la com água cerca de 25% de seu volume e, assim, colocá-la sobre algumas velas acesas.

Figura 15 - Materiais utilizados na confecção da máquina térmica caseira.



Fonte: montagem do autor

A figura [16] apresenta a máquina térmica simples, aos moldes da Máquina de Heron de Alexandria, à base de matérias de baixo custo.

Figura 16 - Máquina térmica caseira



Fonte: O autor.

A figura [17] apresenta os alunos interagindo com o experimento.

Figura 17 - Alunos interagindo com o experimento.



Fonte: o autor.

Aula 7: Aula expositiva dialogada – Máquinas térmicas.

Aula 8: Aplicação do questionário (Anexo A), pós pesquisa, para efeito de comparação.

Aula 9: *Feedback* à turma quanto à sua percepção acerca da classe.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

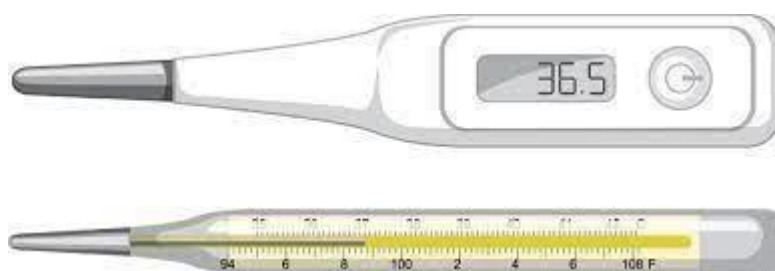
Durante a aula 1 foi apresentada a proposta de trabalho à turma da segunda série do ensino médio e aplicação do questionário, contido no anexo A. esta apresentação da proposta se deu em respeito ao espaço dos alunos e a aceitação deles em participar da pesquisa, que foi de extrema importância, para a análise dos dados obtidos.

Durante a aula 2, foi realizada uma aula prática (Termoscópio caseiro), de natureza demonstrativa. O experimento foi confeccionado previamente à sala de aula, ou seja, os alunos não participaram da montagem do experimento. A aula se dividiu em duas partes.

1ª parte: foi apresentado o experimento à turma, discutido os conceitos físicos envolvidos, como, por exemplo: a dilatação dos líquidos e volatilidade (propriedade da matéria, estudada pelos alunos no ensino fundamental em ciências) do álcool; e, por fim, a interação dos alunos com o artefato.

Na 2ª parte da aula foram debatidas as questões históricas que envolvem a evolução da termometria, iniciada com os gregos até nossos dias (CUNHA & QUEIRÓS, 2023). Em nosso trabalho utilizamos o álcool como fluido no interior do bulbo, mas conversamos com os alunos sobre os materiais (ar, água, álcool, mercúrio) utilizados no processo de fabricação dos termômetros, até chegarmos aos atuais. Neste sentido, foi trabalhada a não linearidade da ciência e a existência de várias escalas termométricas utilizadas durante o século XVIII, que, por várias razões, com o decorrer do tempo, entraram em desuso. Assim, foi possível debater com os alunos de que forma questões sociais, culturais e políticas podem influenciar na construção da ciência, trazendo à luz a não neutralidade da ciência. Para deixarmos a aula mais informativa, concluímos com duas curiosidades, conforme apontada por Cunha & Queirós (2023), que os termômetros graduados na escala fahrenheit são usadas em países de língua inglesa e leste europeu por poderem assumir valores positivos em ambientes bastante frios; e que a precisão desta escala na aferição do estado febril é mais interessante.

Figura 18 - Termômetros apresentados à classe.



Fonte: <https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/6771967-termometro-mercurio-e-termometro-digital>.

Conforme a figura [18], foi demonstrado dois termômetros para efeito de comparação da evolução tecnológica dos termômetros, e ensinado aos alunos como usá-los, a fim de promover a aculturação científica por meio de nossas experiências diárias.

A aula 3 foi destinada à discussão dos conceitos matemáticos envolvendo a conversão entre as três principais escalas.

Durante a aula 4, foi realizada uma aula prática (separação da moeda de 1 real), de natureza demonstrativa. O experimento foi confeccionado previamente à sala de aula, ou seja, os alunos não participaram da montagem do experimento. E, assim, como no primeiro experimento, aula se dividiu em duas partes.

1ª parte: foi apresentado o experimento à turma, discutido os conceitos físicos envolvidos: a dilatação dos sólidos.

Na 2ª parte da aula foram debatidas as questões históricas que envolvem a evolução do estudo de dilatação térmica nos sólidos (CUNHA & QUEIRÓS, 2023). E, para finalizamos promovemos a interação dos alunos com o experimento e demonstramos algumas aplicações dos processos de dilatação térmica dos sólidos em nosso cotidiano, por meio da apresentação de imagens, conforme as figuras [19], [20] e [21], a seguir, principalmente na área da engenharia civil.

Figura 19 - Efeitos da dilatação em trilhos de trem.



https://pt.wikipedia.org/wiki/Dilata%C3%A7%C3%A3o_t%C3%A9rmica.

Figura 20 - Efeitos da dilatação térmica em cerâmicas.



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/desplacamento-de-cer%C3%A2mica-gabriel-almeida-vilas-boas>.

Figura 21 - Efeitos da dilatação térmica em concretos.



Fonte: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/concreto-usinado-retracao-dilatacao/>.

A aula 5 foi destinada à discussão dos conceitos matemáticos envolvendo a dilatação térmica nos sólidos.

Durante a aula 6, foi realizada uma aula prática (máquina térmica caseira), de natureza demonstrativa. O experimento foi levado à sala de aula já pronto. E, assim, como nos demais experimentos, a aula se dividiu em duas partes.

1ª parte: foi apresentado o experimento à turma, discutido os conceitos físicos envolvidos: conversão de energia térmica em trabalho.

Na 2ª parte da aula foram debatidas as questões históricas que envolvem a evolução do desenvolvimento das máquinas térmica e de que forma a Revolução Industrial contribuiu para o desenvolvimento da ciência (HOBBSAWM, 2014). E, para finalizamos promovemos a interação dos alunos com o experimento e demonstramos algumas aplicações de máquinas térmicas em nosso cotidiano, por meio da apresentação de imagens, conforme as figuras [22] e [23].

Figura 22 - Geladeira tradicional.



Fonte: <https://www.novomundo.com.br/geladeira-refrigerador-electrolux-frost-free-top-freezer-4311-branco-tf55/p>.

Foi discutido com os alunos que como é composta uma geladeira, de duas partes fundamentais: o compressor e o condensador. O compressor suga o líquido e transfere-o sob pressão de uma câmara para outra. O condensador é a serpentina que fica atrás da geladeira, onde o vapor comprimido pelo compressor se liquefaz e libera calor para o ambiente (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012)

Figura 23 - Ar-Condicionado Split Hi Wall TCL 18.000 Btus Frio 220v.



Fonte: <https://www.climario.com.br/arcondicionadosplit-hiwalltcl18000btus-frio220v/p>.

Por fim, foi explicado o funcionamento do ar-condicionado à turma, o qual é um aparelho utilizado para retirar certa quantidade de calor dentro de determinado espaço fechado, como uma casa, um shopping ou um automóvel, por meio de um processo de refrigeração semelhante ao do frigorífico. Por meio de um sistema de ventilação, retiram o ar do ambiente, que passa por um sistema de refrigeração interno (que possui um líquido bem frio para conseguir reduzir a temperatura do ar). O ar refrigerado é devolvido ao ambiente e o processo se repete diversas vezes. Concluímos esta aula mencionando o porquê de tanto o ar-condicionado e os congeladores serem colocados na parte de cima, e a título de informação, como funcionam as geladeiras com congeladores na parte de baixo (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Antes da aplicação da atividade prática, os estudantes estavam fazendo certa confusão com os conceitos de calor e temperatura, como vemos na resposta de um dos estudantes:

“temperatura é a medida em graus °C, pode ser fria e pode ser quente; calor já é uma temperatura mais quente”.

Associando-os à ideia de frio e quente, baseadas no senso comum.

Contudo, após a aplicação da atividade do termoscópio de Galileu, aproximadamente 70% dos alunos conseguiram assimilar corretamente os conceitos de calor e temperatura.

Vejamos a resposta dada por outro estudante após a primeira atividade:

“temperatura é o grau de agitação das moléculas; já o calor é a transferência de energia térmica do corpo mais quente para um mais frio”.

Outros ainda associaram a ideia de temperatura a calor:

“calor é sensação térmica da temperatura”.

Em relação ao correto uso do termômetro para aferição de temperatura, cerca de 88% dos alunos que participaram das atividades, conseguiram assimilar devidamente o uso do termômetro e sua aplicação. Já a respeito do conceito de sensação térmica, 76% dos alunos conseguiram captar corretamente o conceito. Em resposta à pergunta 6 do questionário (Apêndice A)

“Em uma praia, um banhista fez o seguinte comentário: “Estou com muito calor, vou tomar um banho de mar”. Do ponto de vista da Física, ele cometeu um equívoco? Faça um comentário a respeito”.

Obtivemos, por exemplo, as seguintes respostas:

Resposta 1: *“Sim, a fala está incorreta, pois ele é quente, o equívoco está na fala onde usa a palavra calor”.*

e

Resposta 2: *“Porque calor é energia em trânsito, pois ela estava falando de sensação térmica”.*

Num segundo momento foram tratados os conceitos essenciais à dilatação térmica e algumas aplicações no cotidiano dos alunos. Acerca do conceito de expansão térmica, 88% da turma assimilou corretamente o conceito, quando perguntado por que os fios da rede de energia aumentam seus tamanhos em certas épocas do ano, boa parte respondeu:

“porque os fios se dilatam em dias mais quentes”.

No entanto, alguns alunos não souberam responder e um outro, não soube explicar o fenômeno de contração térmica, veja sua fala:

“O frio encolhe os fios, não sei porquê”.

Máquinas térmicas são dispositivos que operam em ciclos termodinâmicos e que podem transformar parcialmente o calor em trabalho mecânico, conforme a sua eficiência. Ou seja, nenhuma máquina térmica converte 100% em trabalho, havendo sempre dissipação de energia, e respeitando o Princípio de Conservação da Energia. Toda máquina térmica necessita de uma fonte de calor e de uma substância de trabalho capaz de ter o seu volume modificado e, conseqüentemente, movimentar algum mecanismo, como válvulas ou pistões (SEARS E ZEMANSKY, 2004; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

São exemplos de máquinas térmicas: motores de combustão interna, como aqueles movidos a álcool, gasolina e diesel; máquinas a vapor; usinas termoelétricas; geladeiras e freezers, entre outros.

Estas discussões visam o acultramento científico dos estudantes por meio das experiências cotidianas.

No início das atividades do desenvolvimento do trabalho na unidade escolar (abril/2023) foi aplicado um questionário de natureza quantitativa e qualitativa aos 17 alunos participantes, cujos objetivos foram mensurar os níveis de assimilação de conceitos relativos a termologia, a coleta de dados numéricos dos resultados obtidos e a percepção da eficiência da metodologia de ensino aplicada para comparação futura como aqueles que foram obtidos ao término da pesquisa, ou seja, se houve uma ressignificação dos conhecimentos adquiridos a partir das atividades experimentais realizadas.

No momento em que iniciamos a pesquisa, o rendimento de alguns alunos em avaliações, tanto internas quanto externas, que tratam de conteúdos relacionados à calorimetria eram abaixo do esperado para essa etapa de ensino. Cerca de 6% (um aluno) dos alunos não atingiram a nota mínima nos conteúdos relacionados à termologia, cujo método de ensino adotado, era o tradicional, cuja ênfase é o ensino por transmissão (CACHAPUZ; PRAIA; & JORGE, 2000, p. 9).

De acordo com a pesquisa, aproximadamente 82% dos estudantes consideraram o método de ensino por transmissão ineficiente e atribuíram a ele boa parte de seu insucesso escolar. Os outros 18% fazem parte do grupo que consideram o método de ensino um fator não decisivo em seu desempenho escolar, e associam a isso outras variáveis importantes, como estudos adicionais em casa, participação nas atividades propostas em sala de aula, interesse e disposição para aprender independentemente do método de ensino adotado pela Unidade Escolar ou professor.

Ao término das atividades propostas da pesquisa, foram aplicadas outras duas avaliações diagnósticas similares à primeira, com semelhanças, objetivos e finalidades análogas às daquelas.

Da análise dos dados, nota-se que cerca 94% dos alunos, após a mudança de metodologia, atingiram a média mínima de 6,0 pontos para a aprovação estabelecida como meta pela Unidade Escolar. Nessa avaliação quantitativa, somente 1 aluno não atingiu a nota mínima, enquanto 16 alunos atingiram e/ou superaram esse patamar.

Os resultados melhorados obtidos pela maioria dos estudantes na avaliação diagnóstica quantitativa aplicada após a realização de experimentos propostos na pesquisa contribuíram para que a percepção da eficiência da metodologia de ensino aqui utilizada, comparada ao método tradicional de ensino, com ênfase no professor e não no aluno, tenha sido tão expressiva. É importante ressaltarmos que a metodologia aqui empregada para esta amostra específica foi mais eficaz que o Ensino Por Transmissão. No entanto, não existe um método melhor ou pior que outro, a eficiência ou ineficiência de uma metodologia varia segundo os objetivos esperados e o público-alvo, pois cada método possui suas vantagens e limitações. No entanto, podemos inferir que para essa amostra de alunos, a metodologia de ensino baseada na experimentação como motivação, propiciou o objetivo almejado: alunos mais proativos, críticos, participativos nas aulas, interessados em aprender e, sobretudo, com uma capacidade melhorada de assimilar conceitos de temas relacionados à Física e de dar significado aos conceitos físicos estudados na escola aplicados em situações de seu cotidiano.

Antes da aplicação da pesquisa, aproximadamente 30% dos alunos tinham notas abaixo de 6,0 pontos e, 70% notas iguais e/ou superiores a 6,0 pontos. Esse cenário mudou após a aplicação do trabalho: Um percentual considerável obteve notas superiores ou iguais de 6,0 pontos, a média exigida pela escola. Assim, podemos inferir que a metodologia de ensino baseada na experimentação contribuiu

de forma significativa para que houvesse aumento no número de alunos com notas maiores que a média determinada pelo conselho estadual de educação. Para essa amostra de alunos que participaram do desenvolvimento da pesquisa, a metodologia de ensino baseado em atividades práticas mostrou-se mais eficiente para o ensino e aprendizagem de conteúdos de termologia do que o método tradicional de ensino.

Em termos percentuais, ocorreu um aumento expressivo na porcentagem de acertos, variando de um valor médio de 70% na primeira avaliação para uma média de 94% na segunda, representando um incremento de 33% no número de alunos que melhoraram seu desempenho na 2ª avaliação aplicada após a mudança de metodologia.

Podemos inferir, a partir da análise dos dados estatísticos mostrados até aqui, que o método de ensino/aprendizagem baseado em experimentação no ensino de física foi mais eficiente como ferramenta pedagógica de ensino dos assuntos em termologia escolhidos para compor a pesquisa do que o método de ensino tradicional em aplicação na Unidade Escolar.

5 CONCLUSÕES

A atividade de demonstração proposta neste trabalho tem como proposta ultrapassar a simples barreira de demonstração de conceitos trabalhados em sala de aula. De acordo com os resultados obtidos, podemos inferir que as atividades de demonstração possuem potencial de discussões históricas, socioculturais e científicas.

A atividade experimental, nesse sentido, deve ser entendida como uma ferramenta pedagógica capaz de facilitar a compreensão de conceitos abstratos, oportunizando o desenvolvimento de habilidades, como o levantamento de hipóteses e modelos explicativos. À parte isso, é possível ao professor trabalhar o desenvolvimento não linear da ciência.

Embora o conjunto de dados utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho ter sido sucinto, foi possível obter dados significativos relativos à aplicação de atividades experimentais de baixo custo, estas quando devidamente planejadas e bem orientadas, tendo a seriedade tanto por parte dos alunos e quanto professor, pode propiciar resultados satisfatórios no processo de aprendizagem por parte de

estudantes. O cuidado que queremos chamar atenção é que as atividades práticas, inicialmente, são atividades pedagógicas e, portanto, carecem de um planejamento, para não incorrer no risco de se tornar apenas uma brincadeira em sala de aula. À parte isso, este tipo de atividade aproxima professor e aluno, interferindo diretamente na aprendizagem significativa do aluno, que é o centro da atividade educativa. Todavia, como nos adverte Vigotski (2001), as interações para serem significativas devem se encontrar dentro da zona de desenvolvimento proximal dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. L. **O trabalho didático na escola moderna: formas históricas**. Campinas: Autores Associados, 2005.

ARAÚJO, M. S. T., & dos S. ABIB, M. L. V. **Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 25, 176-194. 2003. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172003000200007>.

ARAUJO, I. dos S. C.; CHESINI, T. S. ROCHA FILHO, J. B. da. **Alfabetização Científica: Concepções de Educadores**. Revista Contexto & Educação, v. 29, n. 94, 04-26. <http://hdl.handle.net/10923/11811>.

BREJON, Moisés. **Estrutura e Funcionamento do Ensino de 1º e 2º Graus**. 2ª ed. São Paulo: Pioneira, 1988.

BORDIEU, P. **A reprodução**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.

CACHAPUZ, A. F., PRAIA, J. F., & JORGE, M. P. **Perspectivas de Ensino das Ciências**. Em A. CACHAPUZ (Org.), *Formação de Professores/Ciências*. Porto: CEEC, 2000.

CACHAPUZ, António et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CUNHA, J. A. R. da; QUEIRÓS, W. P. De. Título do livro. No prelo. Goiânia, 2023 (Em fase de edição).

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, L. T. Uma Proposta Experimental e Tecnológica na Perspectiva de Vygotsky para o Ensino de Física. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 177–200, 2019. DOI: 10.26512/rpf.v3i1.24013. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/24013>. Acesso em: 20 jul. 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz & Terra. 71ª edição, 2019.

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

GASPAR, Alberto. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão na teoria de Vigotski** – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014 (coleção contextos da ciência).

GOMES, D. **Geografia no ensino secundário em São Paulo (1834-1896)**. São Paulo, 2016. Tese (Doutorado em Educação: História, Sociedade, Política) - Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica. São Paulo, 2016.

GUERRA, Henry Santos. **A teoria de Vygtsky aplicada ao laboratório de física.** (Trabalho de conclusão de graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/8181>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GÜNTHER, Hartmut. **Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?** *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 22, n. 2, p. 201-209, maio/ago. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722006000200010>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-37722006000200010>. Acesso em: 19 mar. 2021.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física.** 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 2.

HOBBSAWM, Eric J. **A Era das Revoluções 1789-1848.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.

Veja mais sobre "Revolução Industrial: o que foi, resumo, fases" em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/revolucao-industrial.htm>

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

LAGE, Eduardo. **Ciclos termodinâmicos e rendimentos de máquinas térmicas**, *Rev. Ciência Elem.*, V8 (1):014, 2020.

LEAL JUNIOR, A. S.; SILVA, R. **Os indicadores dos processos de problematização e contextualização em uma aula de física.** *Revista do Professor de Física*, [S. l.], v. 6, n. Especial, p. 52–60, 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Editora: Universidade de Brasília. 1999.

PIRES, Denise Prazeres Lopes; AFONSO, Júlio Carlos; & CHAVES, Francisco Artur Braun. **A termometria nos séculos XIX e XX.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 101 - 114, 2006.

SAVIANI, D. **Ética, educação e cidadania.** *PhiloS: Revista Brasileira de Filosofia de 1º Grau*, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 19-37, 2001.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; **Termodinâmica e ondas.** 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, c2012 vol 4.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas.** Tese de Doutorado – Instituto de Física e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VIEIRA, S. L. **Escola:** função social, gestão e política educacional. In: FERREIRA, N. S. C.; AGUIAR, M. A. S. (Orgs.). *Gestão da educação: impasses, perspectivas e compromissos*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

VYGOTSKY, Lev S. **A construção do Pensamento e da Linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário - Teste de conhecimento

- 1) Com base nos conceitos físicos, defina o que é temperatura e o que é calor.
- 2) Em um dia muito quente, é possível observar que um fio condutor que conecta dois postes aparenta ter um comprimento maior que em dias frios. Escreva uma justificativa para este acontecimento.
- 3) Um amolador de facas, ao operar um esmeril, é atingido por fagulhas incandescentes, mas não se queima. Por que isso acontece?
- 4) Em uma praia, um banhista fez o seguinte comentário: “Estou com muito calor, vou tomar um banho de mar”. Do ponto de vista da Física, ele cometeu um equívoco? Faça um comentário a respeito.
- 5) Como podemos medir a temperatura de um corpo com precisão e segurança?
- 6) Ao medir a temperatura de um doente, o médico mantém o termômetro em contato com o corpo da pessoa doente durante alguns minutos. Há motivo para essa atitude?
- 7) Um aluno verificou em um experimento de Termologia que, quando se coloca um corpo quente perto de um corpo frio, este se aquece à proporção que o corpo quente se resfria. Justifique essa conclusão.
- 8) Ao tocarmos com as mãos uma superfície fria, é o frio que se desloca da superfície para a mão ou é a mão que transmite energia para a superfície? Explique sua resposta.
- 9) Por que os esquimós não constroem iglus com formato de paralelepípedo, como é comum nas casas em geral?
- 10) Por que o ar parado é frequentemente utilizado como isolante térmico?

- 11) Quando cozinhamos macarrão, algumas vezes a água também sobe. Em que situações isso ocorre?

- 12) Dois termômetros iguais marcam inicialmente a mesma temperatura, e um deles possui o bulbo escurecido. Se ambos forem colocados ao sol, o que podemos verificar depois de certo tempo em relação à temperatura de cada um?