



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

UMA ABORDAGEM SOCIOCONSTRUTIVISTA PARA O ENSINO DE
TERMODINÂMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PBL

LUCAS COSTA MONTEIRO

Brasília - DF
2024



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

UMA ABORDAGEM SOCIOCONSTRUTIVISTA PARA O ENSINO DE
TERMODINÂMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DE PBL

LUCAS COSTA MONTEIRO

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Vanessa Carvalho de Andrade a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica” pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Brasília - DF
2024

AGRADECIMENTOS

Dedico a maior gratidão possível à Angela Macedo Menezes de Araújo. Minha melhor amiga, minha maior rede de apoio, minha companheira de aventuras, meu time, meu grande amor. Sem sua paciência, compreensão, acolhimento, intelecto, debates, apoio e companhia nada disso seria possível. Todos os dias eu acordo e me inspiro em você. Muito obrigado

À Luciana de Oliveira Costa, minha incansável mãe, por todo apoio e crença nas minhas capacidades desde o dia de meu nascimento. Absolutamente cada centímetro que caminho em minha vida é graças a você.

À José Carlos Gomes Monteiro, onde quer que esteja descansando, saiba que nosso breve convívio foi inesquecível. Espero ser ao menos uma sombra do homem que fostes.

À Dra. Vanessa Carvalho de Andrade, minha orientadora. Por todos estes anos de trabalho em conjunto, por nunca ter desacreditado de mim, por sempre me apoiar, por todos os ensinamentos, por todas as trocas. Você é uma inspiração para mim.

À Universidade de Brasília, minha alma mater, e em especial ao corpo de docentes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Toda minha trajetória é graças a este incrível ambiente acadêmico e social. Serei eternamente grato.

Aos meus colegas de mestrado por todos os compartilhamentos de ideias e aprendizados. E também a todos meus amigos que, embora não citados, sabem da importância em minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Muito obrigado!

*“Fracassei em tudo o que tentei na vida.
Tentei alfabetizar as crianças brasileiras, não consegui.
Tentei salvar os índios, não consegui.
Tentei fazer uma universidade séria e fracassei.
Tentei fazer o Brasil desenvolver-se autonomamente e fracassei.
Mas os fracassos são minhas vitórias.
Eu detestaria estar no lugar de quem me venceu”.*

~ Darcy Ribeiro

RESUMO

O ensino de Física, embora predominantemente associado ao Ensino Médio e ao Ensino Profissionalizante, também é encontrado nos Anos Finais do Ensino Fundamental. No entanto, é comum que essas aulas sejam ministradas por docentes com formação em Biologia ou Ciências Naturais, o que limita a discussão acadêmica para esse contexto escolar. Este estudo visa preencher essa lacuna ao desenvolver um Produto Educacional abrangente e alinhado com o rigor científico, oferecendo uma alternativa aos professores que lecionam nesse nível de ensino e buscam abordagens pedagógicas inovadoras. Tomamos como perspectiva que o ensino de Física pode ser um excelente promotor de Alfabetização Científica entre alunos desse nível escolar, e, assim, fundamentamos nossa abordagem em perspectivas consolidadas de educação e aprendizagem, especialmente no campo do Ensino de Física. Utilizamos o socioconstrutivismo de Vygotsky e o *scaffolding* como base teórica, combinados com a Metodologia Ativa da Aprendizagem Baseada em Problemas. Esses referenciais proporcionaram ferramentas fundamentais para nossas escolhas pedagógicas. Focamos na Termodinâmica básica como matéria de ensino, aplicada de forma prática, e implementamos nossa abordagem em oito turmas do 7º ano do Ensino Fundamental em uma rede escolar privada do Distrito Federal. A dinâmica das aulas foi centrada no debate científico, na colaboração entre os alunos, na realização de experimentos e na troca de conhecimento. Utilizamos registros diários, produção textual, prática e discussões em grupo como ferramentas de observação participante, alinhando nossa pesquisa à atuação menos direta do professor em sala de aula. Os resultados evidenciaram alto engajamento dos alunos, aumento na percepção da ciência como construção coletiva e desenvolvimento satisfatório de autonomia, além de estimular debates e questionamentos sobre conhecimentos científicos. Em suma, nossa abordagem proporcionou experiências pedagógicas enriquecedoras e lúdicas, algo incomum para o nível de ensino abordado.

Palavras-chave: Ensino Fundamental, Socioconstrutivismo, Aprendizagem Baseada em Problemas, Termodinâmica, Alfabetização Científica.

ABSTRACT

The teaching of Physics, although predominantly associated with High School and Vocational Education, is also found in the Final Years of Elementary Education. However, it is common for these classes to be taught by teachers with backgrounds in Biology or Natural Sciences, which limits academic discussion for this school context. This study aims to fill this gap by developing a comprehensive Educational Product aligned with scientific rigor, offering an alternative to teachers who teach at this level of education and seek innovative pedagogical approaches. We take the perspective that the teaching of Physics can be an excellent promoter of Scientific Literacy among students at this school level, and thus, we base our approach on consolidated perspectives of education and learning, especially in the field of Physics Education. We use Vygotsky's socioconstructivism and scaffolding as a theoretical basis, combined with the Active Learning Methodology of Problem-Based Learning. These frameworks provided fundamental tools for our pedagogical choices. We focus on basic Thermodynamics as the subject matter, applied practically, and implement our approach in eight classes of the 7th grade of Elementary School in a private school franchise in the Federal District. The dynamics of the classes were centered on scientific debate, collaboration among students, conducting experiments, and exchanging knowledge. We used daily records, textual production, practice, and group discussions as tools for participant observation, aligning our research with the less direct role of the teacher in the classroom. The results evidenced high engagement from students, an increase in the perception of science as a collective construction, satisfactory development of autonomy, as well as stimulating debates and questioning about scientific knowledge. In summary, our approach provided enriching and playful pedagogical experiences, something uncommon for the level of education addressed.

Keywords: Elementary Education, Socioconstructivism, Problem Based Learning, Thermodynamics, Scientific Literacy.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Ilustração da ZDP.....	17
Imagem 2 - Corpos A e B inicialmente isolados depois em contato térmico.....	34
Imagem 3 - Reprodução do equilíbrio térmico.....	35
Imagem 4 - Experimento mental para ilustrar a falha na percepção sensorial como instrumento de medida.....	36
Imagem 5 - Cartazes produzidos pelos estudantes para concluir o trabalho.....	60
Imagem 6 - Cartazes produzidos pelos estudantes para concluir o trabalho.....	61
Imagem 7 - Solução proposta para o problema D.....	65
Imagem 8 - Solução proposta para o problema A.....	66
Imagem 9 - Solução proposta para o problema D.....	67
Imagem 10 - Solução proposta para o problema E.....	68
Imagem 11 - Solução proposta para o problema A.....	69
Imagem 12 - Solução proposta para o problema B.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de calor específico de materiais selecionados.....	43
Tabela 2 - Valores de calor latente de materiais selecionados	43
Tabela 3 - Sequência didática elaborada	47
Tabela 4 - Comparação selecionada de 10 estudantes em cada turma	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho comparativo das turmas nos testes A e B**55**

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Definição termodinâmica de temperatura de um sistema	37
Equação 2 - Forma infinitesimal da 1 lei da termodinâmica	38
Equação 3 - Lei de Fourier.....	39
Equação 4 - Conversão entre escalas Celsius e Kelvin	41
Equação 5 - Calor sensível em termos de capacidade térmica	42
Equação 6 - Calor sensível em termos de calor específico	42
Equação 7 - Calor latente.....	43

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	3
2 - HIPÓTESES DE PESQUISA	8
2.1.1 - Objetivo Principal:	8
2.1.2 - Objetivos Secundários:	8
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 - Alfabetização Científica	9
3.2 - Socioconstrutivismo de Vygotsky	13
3.2.1 - Zona de desenvolvimento proximal - ZDP	16
3.2.2 - Scaffolding	18
3.3 - Metodologias ativas	21
3.3.1 - Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL	23
4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
5 - INTRODUÇÃO À TERMODINÂMICA	33
5.1 - Equilíbrio térmico e a lei zero da termodinâmica	33
5.2 - Temperatura	35
5.3 - Calor	37
5.4 - Processos de propagação de calor	38
5.5 - Escalas termométricas	40
5.6 - Calor sensível e calor latente	42
6 - METODOLOGIA	45
6.1 - Contexto Escolar	45
6.2 - Metodologia do produto educacional	46
6.2.1 - Lista de materiais	50
6.2.2 - Teste A e Teste B	51
6.3 - Apresentação final	52
6.4 - Relato do docente	52

7 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS -----	54
7.1 - Testes sobre termodinâmica-----	54
7.2 - Apresentações-----	58
7.3 - Análise interpretativa-----	61
8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS -----	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	76
APÊNDICE A - Situações-Problemas exemplificadas -----	83
APÊNDICE B - Teste para seleção das equipes -----	87
APÊNDICE C - Teste para avaliação do aprendizado. -----	89
APÊNDICE D - Ficha-guia para planejamento, seleção de materiais e execução da solução nas aulas 03 a 06. -----	91
APÊNDICE E - Produto Educacional -----	92

1 - INTRODUÇÃO

A termodinâmica é reconhecida na comunidade científica como uma teoria física fenomenológica, o que significa que sua fundamentação é baseada em experimentações, observações empíricas e leis derivadas de medidas registradas em laboratório. Embora a esteja intimamente relacionada à estrutura atômica da matéria, suas grandezas e relações não consideram diretamente esses aspectos ao estabelecer os princípios e leis termodinâmicas.

O site Brasil Escola <Disponível em: brasilecola.uol.com.br. Acesso em: 13 mar. 2024> define temperatura como uma grandeza física que reflete a energia cinética média ou o grau de vibração, rotação e translação dos átomos e moléculas que constituem os corpos. Esta definição é amplamente encontrada em diversos livros didáticos do Ensino Fundamental. Entretanto, consideramos infrutífero ensinar esse conceito no nível escolar do Ensino Fundamental por duas razões: em primeiro lugar, a compreensão completa dessa definição requer o entendimento de conceitos mais complexos, como grau de agitação, molécula, átomo e energia cinética, o que pode ser considerado impróprio para o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos nessa faixa etária. Em segundo lugar, é importante observar que tanto a teoria termodinâmica quanto as escalas termométricas foram concebidas, historicamente, antes do desenvolvimento do modelo atômico da matéria. Portanto, o entendimento da grandeza temperatura não perpassa pelo conhecimento desses conceitos mais complexos.

Acreditamos que essa abordagem pedagógica excessivamente conteudista e a tendência dos educadores de ciências de utilizar linguagem técnica complexa podem ser prejudiciais para o aprendizado dos estudantes. Essa prática pode criar obstáculos significativos para que os alunos compreendam os conceitos científicos de forma satisfatória. Além disso, é importante ressaltar que, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o conteúdo de Termodinâmica é introduzido no 7º ano do Ensino Fundamental. Isso significa que a teoria é ensinada para alunos que estão no início de sua jornada acadêmica e têm pouca experiência anterior em ciência ou matemática.

O contexto para a implementação do nosso produto educacional é o ensino de Termodinâmica para turmas do 7º ano do Ensino Fundamental em duas escolas privadas da rede de ensino do Distrito Federal. As duas escolas são filiais de uma

marca escolar com 3 unidades no DF. O público-alvo dos colégios são estudantes provenientes de famílias de alta renda. Por fazer parte de um conglomerado empresarial nacional de escolas, o desenvolvimento deste produto educacional foi submetido a várias restrições e exigências para sua aprovação e implementação.

Inicialmente, foi estabelecido que o produto seria aplicado ao longo de cinco semanas de aula, totalizando 10 horas-aula, um período considerado razoável para alcançar os objetivos propostos. O tema escolhido precisava estar alinhado com o cronograma que fora estabelecido no ano anterior e previa a abordagem de um conteúdo relacionado a Máquinas Térmicas. Essa escolha visava contextualizar e aplicar os conceitos de Termodinâmica já ensinados por meio de aulas expositivas realizadas nos meses anteriores. Além disso, consideramos importante observar que os alunos do 7º ano do Ensino Fundamental possuem pouca familiaridade com cálculos, fórmulas, equações e outros conteúdos matemáticos mais avançados. Portanto, o ensino de Física nesse nível escolar precisa ser adaptado para atender às necessidades desse público, diferenciando-se do abordado no Ensino Médio. O colégio também exigiu do docente que o produto aplicado fosse replicado em todas as turmas que o professor atue, além de também ser utilizado pelo professor responsável pelas turmas nas unidades que o autor deste trabalho não atuava.

Por fim, uma exigência da instituição na qual o professor aplicador trabalha foi que a sequência didática proposta terminasse com a realização de um trabalho que pudesse ser apresentado à comunidade escolar. Isso incluía a produção de materiais físicos apresentáveis pelos alunos, reforçando a importância da apresentação pública dos resultados do aprendizado. Em suma, nosso produto educacional foi projetado em uma sequência de 10 encontros, tendo como tema o ensino de Termodinâmica no 7º ano do Ensino Fundamental em caráter de revisão ou aplicação do conteúdo e necessitou ser pensado em sua aplicabilidade por outro colega de profissão da mesma instituição.

Embora a BNCC estabeleça o ensino de Termodinâmica como parte do conteúdo do 7º ano do Ensino Fundamental, é importante observar que, nas escolas privadas do Distrito Federal, esse conteúdo geralmente é ministrado por professores licenciados em Biologia ou Ciências Naturais. De fato, em uma análise dos sete colégios considerados "concorrentes" da escola onde nosso produto foi aplicado, constatou-se que apenas em um deles havia a presença de um profissional com Licenciatura em Física atuando no 7º ano. Portanto, nosso produto educacional se

apresenta como uma proposta diferenciada para os profissionais que atuam neste nível de ensino e buscam uma abordagem didática concebida sob a perspectiva tanto da Física como disciplina escolar quanto de sua construção científica. Essa diferenciação pode oferecer uma melhor compreensão dos conceitos de Termodinâmica pelos alunos, criar uma sensação de segurança a profissionais que não se sintam confortáveis em lecionar fora de sua área de formação e proporcionar uma experiência de aprendizado mais completa, alinhada com os princípios fundamentais da disciplina.

Consideramos relevante destacar a percepção de que o ensino de Física nas escolas públicas é frequentemente deficiente em termos de profissionais licenciados na disciplina, especialmente no Ensino Fundamental. Essa percepção é reforçada por nossas experiências nas escolas da Secretaria de Educação do Distrito Federal, bem como por diálogos com colegas atuantes na rede pública de ensino. Embora essa visão precise de uma investigação mais aprofundada sobre os aspectos formais e legais dessa atuação. Entretanto, nosso registro é reforçado através da evidente escassez de trabalhos voltados para essa etapa escolar no âmbito deste mesmo programa de Mestrado Profissional. Observamos uma predominância de docentes atuantes na rede pública, mas poucos trabalhos focados no Ensino Fundamental, indicando uma lacuna significativa que necessita de atenção e pesquisa adicionais.

Para além de servir como um recurso de apoio para colegas de profissão, desenvolvemos este produto com o objetivo de fornecer aos nossos alunos uma base sólida tanto fenomenológica quanto de raciocínio operacional na teoria termodinâmica. Dessa forma, almejamos que esses estudantes tenham maior facilidade ao lidar com o conteúdo quando alcançarem o Ensino Médio e precisarem compreender construções científicas mais abstratas. Adicionalmente, temos também a intencionalidade de desenvolver em nossos estudantes a Alfabetização Científica, objetivo tão almejado por diversos educadores contemporâneos.

Como parte do nosso modelo pedagógico e metodológico, identificamos a necessidade de estabelecer um referencial teórico que estivesse alinhado com nossas propostas, restrições e objetivos educacionais. Encontramos no socioconstrutivismo de Vygotsky um modelo de aprendizagem altamente compatível com nossas intenções, devido à sua ênfase na interação social e na construção do conhecimento por meio da colaboração entre pares. Além disso, o conceito de

Scaffolding, ou "andaime" na língua inglesa, uma extensão derivada do trabalho de Bruner e também vinculado com a teoria de aprendizagem de Lev Vygotsky, mostrou-se particularmente relevante para nossa abordagem, fornecendo suporte gradual aos alunos conforme eles avançam em sua compreensão do conteúdo. Para nossa sequência de ensino, optamos pelo uso de Metodologias Ativas, com destaque para as Aprendizagens Baseadas em Problemas (PBL). Essas abordagens pedagógicas foram escolhidas devido à sua capacidade de envolver os alunos de forma ativa em seu próprio processo de aprendizagem, promovendo a resolução de problemas contextualizados e estimulando o pensamento crítico e a colaboração. Esses arcabouços teóricos se mostraram altamente alinhados com nossos objetivos de promover uma aprendizagem engajadora para os nossos alunos.

A estrutura do nosso trabalho se dá na seguinte ordem: o delineamento dos objetivos, a construção de recursos teóricos para o aprendizado, a breve revisão de trabalhos correlatos, o capítulo introdutório à Teoria Termodinâmica, a metodologia escolhida para nosso produto educacional, discussão dos resultados, o capítulo de conclusão e o produto junto de seus apêndices.

Ao definirmos nossos objetivos neste trabalho, estabelecemos o fundamento e a orientação central que guiarão todas as escolhas e perspectivas adotadas nos capítulos subsequentes. Acreditamos que explicitar essas ideias é crucial para alinhar nossas intenções com os resultados que pretendemos alcançar por meio deste estudo.

O capítulo designado para apresentar o referencial teórico adotado aborda quatro pontos cruciais: a alfabetização científica, o socioconstrutivismo de Vygotsky, o método de ensino denominado *scaffolding* e a metodologia ativa conhecida como Aprendizagem Baseada em Problemas. Esses temas demonstram rica conexão entre si e são de grande relevância para nossa pesquisa. Por meio deles, desenvolvemos um arcabouço teórico sólido e abrangente, capaz de nos direcionar ao cumprimento dos nossos objetivos de estudo.

Revisar a bibliografia previamente produzida é de suma importância em qualquer pesquisa, e para a nossa não poderia ser diferente. Dedicamos um breve levantamento de trabalhos correlatos aos temas Termodinâmica, Física e Ensino Fundamental. Entretanto, não obtivemos o sucesso esperado nessa busca. Atribuímos isso, como mencionado anteriormente, à falta de professores licenciados

em Física atuando nos anos finais do Ensino Fundamental, sendo mais comum a presença de profissionais de outras áreas de licenciatura.

Como mencionado anteriormente, este trabalho visa servir como suporte para profissionais docentes sem formação acadêmica em Física. Nesse sentido, dedicamos um capítulo para discutir aspectos fundamentais da Teoria Termodinâmica em um nível de compreensão e debate que geralmente não é encontrado em livros-texto escolares. Nossa proposta é fornecer aos nossos colegas de profissão o conhecimento necessário para o ensino da teoria, ao mesmo tempo em que buscamos criar uma sensação de segurança para aqueles que utilizarão nosso produto.

O capítulo dedicado à metodologia apresenta uma análise técnica do produto educacional desenvolvido, além de considerações sobre as restrições e realidades enfrentadas em nossas aplicações. Esta seção também oferece ao leitor uma visão detalhada de como ocorreu a aplicação que visionamos, bem como as justificativas para cada construção que fizemos em nossa sequência.

Na discussão dos resultados, são abordadas tanto uma análise global das performances dos alunos nos testes concebidos para a sequência didática quanto os relatos do docente aplicador. Acreditamos que, dada a natureza de revisão de nosso produto, fornecer a percepção do docente sobre a produtividade, o engajamento e as mudanças nos discursos dos alunos pode ser uma ferramenta valiosa para delinear os impactos da aplicação de nosso produto.

Por fim, a conclusão engloba nossas considerações finais sobre a problemática abordada, os desafios enfrentados, as soluções aplicadas e também abre espaço para discussões sobre possíveis temas a serem explorados em pesquisas futuras.

2 - HIPÓTESES DE PESQUISA

Este trabalho, devido ao contexto escolar, pedagógico e de conteúdo em que foi elaborado, se alicerça em testar a hipótese pedagógica: *É possível construir uma alfabetização científica sobre Física de maneira robusta ao lecionar para turmas do 7º ano do Ensino Fundamental.*

Como será discutido nos capítulos subsequentes, o ensino de Física em turmas de 7º ano revela-se desafiador devido à carência de pré-requisitos acadêmicos e vivências pessoais dos alunos. Este trabalho tem como objetivo esclarecer diversos aspectos da hipótese fundamental, analisar o problema a ser enfrentado e propor uma abordagem pedagógica como recurso de ensino. Posteriormente, serão avaliados os resultados obtidos com a implementação dessa atitude investigativa.

2.1.1 - Objetivo Principal:

Elaborar, através do socioconstrutivismo de Vygotsky, uma sucessão de atividades pedagógicas baseada em metodologias ativas que propicie aprendizagem de conhecimentos em Termodinâmica aos alunos do 7º ano do Ensino Fundamental, bem como suas aplicações em situações cotidianas.

2.1.2 - Objetivos Secundários:

. Desenvolver nos alunos senso crítico a respeito de resultados experimentais e hipóteses propostas por pares, indicativos de desenvolvimento de uma Alfabetização Científica satisfatória para o nível de ensino.

. Induzir nos estudantes a importância de uma boa documentação científica que seja clara, coesa e precisa em suas descrições.

. Proporcionar momentos de construção coletiva de conhecimento, demonstrando o caráter inerentemente social do saber científico.

. Estimular a autonomia experimental e tomada de dados acurada dos estudantes.

. Elucidar dúvidas e questionamentos a respeito dos termos e jargões da Termodinâmica, bem como suas aplicabilidades em contextos concretos.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

Diante do problema apresentado e dos objetivos delineados, buscamos referências que possam fundamentar a construção de uma sequência didática. Tanto para atender às exigências da pesquisa quanto às demandas institucionais da escola onde o trabalho foi desenvolvido, almejamos incorporar metodologias ativas para a elaboração do produto educacional. Mantendo esses contextos em mente, e por meio da revisão da literatura existente, pudemos desenvolver nosso trabalho.

3.1 - Alfabetização Científica

Nos últimos anos, em especial durante o período marcado pela pandemia de COVID-19, observa-se um aumento perceptível nos movimentos sociais que compartilham a característica comum de desacreditar e invalidar o conhecimento científico, sendo comumente denominados como negacionistas. Este fenômeno tem ganhado notoriedade não apenas nos veículos de comunicação, mas também tem sido objeto de estudo em diversas áreas, incluindo pesquisas sociais, psicológicas e até mesmo pedagógicas.

O termo "*post-truth*" (pós-verdade, em inglês) foi oficialmente incorporado ao Dicionário Oxford da língua inglesa em 2016, tendo sido objeto de discussões e análises por parte de estudiosos e meios de comunicação de grande alcance, exemplificado pelo filme "Não Olhe para Cima" e permeia diversos livros onde destacamos "*Post-truth*" de McIntyre, "*Post-truth rhetoric and composition*" de Bruce McComiskey e "*Epidemics and Society*" de Frank Snowden. Essas reflexões abordam o fenômeno do negacionismo científico e a apropriação indevida do debate público por indivíduos não especializados em áreas que demandam expertise técnica.

Ao observarmos a trajetória da construção do conhecimento científico ao longo da história, é possível identificar diversos momentos em que surgem movimentos de descrédito ou resistência em relação aos saberes produzidos pela investigação científica. No entanto, como aponta Cassiani (2022), esses negacionismos pareciam estar restritos a pequenos grupos e não pareciam exercer impacto significativo sobre políticas públicas, sejam elas educacionais ou sanitárias, como evidenciado durante a pandemia de COVID-19. A autora ainda destaca que

tais movimentos de negação encontram respaldo e terreno fértil na sociedade contemporânea, especialmente por meio das características das redes sociais. Essas plataformas de comunicação impedem debates plurais e estimulam a disseminação de falsas controvérsias. Cassiani (2022) destaca que:

“As dúvidas e incertezas, inerentes ao processo de produção científica, são interpretadas de forma radical como fragilidades e inconsistências da ciência, o que gera desconfiança e alimenta teorias conspiratórias, apresentando-as como verdades plausíveis para determinados grupos.”

Essa ampliação da desconfiança em relação aos méritos da ciência é um tema que mantém em estado de vigília qualquer educador que atue na perspectiva mínima de desempenhar, junto de sua profissão, seu papel social. Conforme apontam Maíra Silva e Lúcia Sasseron (2021):

No âmbito da educação científica, defendemos a importância do reconhecimento do que é ciência, quais são as normas e valores que regem esta atividade e como elas são consideradas e utilizadas pelos membros das comunidades científicas. Portanto, expor o caráter social da atividade científica parece ser condição indispensável para a formação de sujeitos capazes de avaliar criticamente informações a respeito de sua realidade social e de transformá-la. (...) Estas ações têm sido pensadas por meio do ensino de ciências como prática social, ou seja, as situações didáticas em que os estudantes se envolvem com conteúdos, práticas e processos da construção do conhecimento como modo de possibilitar a compreensão de que as ciências não são um empreendimento reservado a poucos sujeitos, mas uma atividade social alicerçada em interações e em padrões públicos reconhecidos pela comunidade científica.

Conforme indicado por Teixeira (2013), há um contínuo debate entre estudiosos sobre definições e conciliações de diversos termos e jargões, como alfabetização científica, letramento científico ou enculturação científica. Esta dificuldade, como apontado por Sasseron (2011), não se restringe a pesquisadores de educação que falam a língua portuguesa, mas é um desafio identificável em autores de diversos idiomas. Concordamos, em alinhamento com a referida autora, que apesar das diferentes terminologias adotadas por uma variedade de pesquisadores e educadores, existe uma convergência em abordar o ensino de ciências como uma ferramenta indispensável tanto para a formação de cidadãos críticos e capazes de atuar em seus contextos sociais, culturais ou ambientais de

forma consciente e embasada em conhecimentos científicos sólidos, quanto para a construção de um saber das práticas comuns à comunidade científica.

Em sua revisão a respeito dos diferentes termos que remetem ao ensino básico de ciências em escolas, Sasseron (2011) delimita 3 Eixos Estruturantes: (i) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, (ii) a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e (iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Tais perspectivas mostram-se extremamente valiosas, pois sintetizam um amplo debate acadêmico em suas unidades fundamentais, além de corroborar com a intencionalidade deste trabalho.

Nossa intenção neste contexto não é necessariamente entrar em debates teóricos, mas sim equipar-nos com ferramentas que se adequem aos nossos propósitos e ao contexto pedagógico em questão. Importante ressaltar que não propugnamos pela visão simplista de que a alfabetização científica representa uma solução única e definitiva para mitigar o fenômeno do negacionismo, assim como a alfabetização literária não garante automaticamente a habilidade de ser um escritor ou leitor ávido. Entretanto, pressupomos que há uma crescente distância, dentro do ensino de ciências naturais, entre a abordagem tradicional em salas de aula e a concepção da ciência como uma empreitada de conhecimento humano, intrinsecamente vinculada a práticas histórico-sociais e guiada por diretrizes e princípios específicos. Portanto, nosso objetivo é conceber uma sequência didática que transcenda a mera transmissão do conhecimento formal requerido, visando, sobretudo, destacar os aspectos investigativos, coletivos, temporais e experimentais intrinsecamente entrelaçados ao processo científico.

Dessa forma, após uma pesquisa literária abrangente, fundamentamo-nos na perspectiva de alfabetização científica delineada, de maneira sucinta, por Bybee R. (1995):

Nós temos de ajudar os estudantes a desenvolver perspectivas de ciência e tecnologia que incluam a história das ideias científicas, a natureza da ciência e da tecnologia, e o papel da ciência e da tecnologia na vida pessoal e na sociedade.

Além de definirmos claramente nossa compreensão do que constitui a alfabetização científica, percebemos também a necessidade de estabelecer a perspectiva pela qual buscaremos consolidar esse patamar de conhecimento em

nossos estudantes. Em "Pensamento e Linguagem", Lev Vygotsky menciona que conceitos científicos podem ser aprendidos de forma semelhante a uma língua estrangeira, argumento este que abordaremos mais adiante em capítulo dedicado à teoria do autor. Concordamos com essa perspectiva não apenas por considerarmos que a expressão "Alfabetização Científica" remete ao ensino de um idioma, mas também, diante da proposta pedagógica delineada para nosso produto educacional, visualizamos que estaremos mais próximos de cumprir nossos objetivos ao adotarmos a ótica do ensino de ciências, inicialmente, como linguagem e, posteriormente, como instrumento, dentro da perspectiva socioconstrutivista que será abordada a seguir. Este cenário é ampliado ao levar em consideração o limitado domínio dos alunos em Matemática.

Essa abordagem se revela não apenas alinhada aos nossos princípios de pesquisa, mas também benéfica para o ensino de ciências de maneira abrangente. Conforme destacado por autores diversos (LEMKE, 1990; WARREN; ROSEBERY, 1995; SKIDMORE, 1999; TABAK; REISER, 1999; LEACH; SCOTT, 2003; GEE, 2005; LIBER, 2007; ROTH, 2005; OSBORNE, 2007), os professores de ciências enfrentam desafios ao tentar ensinar seus conteúdos de forma a promover um discurso no qual os alunos estejam "falando ciência" e não simplesmente "falando sobre ciência", como categorizado por Lemke (1999, tradução nossa). O propósito deste trabalho se fundamenta na perspectiva em que os estudantes devem construir significados e utilizar a comunicação científica para obter os resultados das atividades propostas, buscando criar uma experiência na qual os estudantes estejam efetivamente "falando ciência". Nesse sentido, esperamos que essa abordagem promova a aquisição efetiva de conhecimento científico pelos alunos. Assim, de acordo com Delgado (2011), traçamos como objetivo da educação em ciências criar ambientes nos quais os estudantes possam expressar e assimilar conceitos científicos de diversas maneiras, semelhante à aprendizagem de um novo idioma. Tendo em mente que o papel do professor não é de meramente transferir informação, mas de guiar os diálogos e discursos da sala de aula (LEACH; SCOTT, 2003)

Diante disso, acreditamos ser imperativo para a consecução de nossos propósitos a concepção e implementação de uma sequência pedagógica que, de maneira intrínseca, proporcione aos estudantes oportunidades significativas de engajamento com o desenvolvimento do saber científico. Nesse contexto, almejamos não apenas transmitir conhecimentos científicos, mas também destacar

sua relevância cultural, histórica e social, promovendo assim uma compreensão mais holística e integrada dos conteúdos. Como apontado por Lorenzetti (2001):

“[...] a literatura relativa ao assunto alfabetização científica tem preocupações mais abrangentes que a educação nas séries iniciais e, neste sentido, são praticamente ausentes referências explícitas que têm como foco o ensino nesta fase de formação dos alunos.”

Este cenário, embora de extrema relevância, não deve suscitar receios em relação ao nosso trabalho. Pelo contrário, é estimulante estar envolvido com um tema tão significativo e lecionando nas fases iniciais do processo educacional.

3.2 - Socioconstrutivismo de Vygotsky

Lev Semenovich Vygotsky nasceu em 1896 em uma família judia em Orscha, na Bielorrússia e faleceu em 1934, de tuberculose, em Moscou. Suas publicações e trabalhos foram banidos da União Soviética por serem considerados “anti-marxistas” pelos dirigentes do partido, tendo sua publicação e divulgação liberada apenas em 1956. Entender a vida deste autor é entender também seu trabalho e legado acadêmico, pois de acordo com Scrimsher & Tudge (2003, p.208):

A própria vida de Vygotsky pode ser melhor compreendida com referência às próprias coisas que ele passou a argumentar como essenciais para a compreensão do desenvolvimento: as inter-relações do indivíduo, o interpessoal e o sócio-cultural.

Aluno prodígio desde jovem, demonstrou muito interesse em assuntos como sociedade, direito, arte e psicologia. Segundo colegas da época de escola, já novo demonstrava interesse que iam desde a filosofia de Hegel até as obras de Shakespeare. Por pressão familiar, se matriculou em Medicina na Universidade de Moscou, tendo trocado, anos depois, para o curso de Direito. Após se formar, retornou para a cidade de seus pais em Gomel onde lecionou literatura e psicologia em colégios locais. Foi essa atividade que culminou em sua primeira grande pesquisa, a Psicologia da Arte, que foi apresentada como sua tese de PhD. Conforme destacado por Kozulin (1986):

O próprio título do livro de Vygotsky sugere que para ele a psicologia era um método de descobrir as origens das formas mentais superiores da consciência humana e vida emocional ao invés de atos comportamentais básicos. Essa preocupação específica em funções humanas, em oposição a

meramente funções naturais ou biológicas, viria a ser a marca registrada do trabalho de vida de Vygotsky.

A teoria socioconstrutivista ou sociointeracionista deve sua gênese à Teoria Sociocultural estabelecida por Vygotsky, embora ele não tenha sido um pesquisador de o que hoje conhecemos como teorias de aprendizagem (MOREIRA, 2011). Devido ao seu trabalho e suas ideias serem essenciais para o debate e construção de modelos de ensino que desejam levar em consideração o contexto social em que os alunos estão inseridos. Vygotsky, em seu trabalho, se preocupou em entender como um indivíduo desenvolve processos cognitivos superiores. Sua principal premissa se alicerça em afirmar não apenas que tal desenvolvimento é inerente ao contexto social e cultural onde ele ocorreu, mas que a construção cognitiva humana surge como uma internalização desses processos sócio-culturais.

Conforme proposto por Wertsch (1985 apud Driscoll, 1994) é possível descrever três temas que aparecem para formar o cerne do panorama de trabalho de Vygotsky: (i) a afirmação de que processos mentais superiores têm origem em processos sociais, (ii) processos mentais somente podem ser entendidos se compreendermos os instrumentos e signos que os mediam e (iii) uma confiança em um método denominado por Vygotsky de 'genético-experimental. Abordaremos cada um desses temas a seguir.

Para compreender o processo do pensamento humano, Vygotsky adotou uma perspectiva materialista histórico-dialética, considerando a origem da atividade social como condição fundamental para a existência humana. Segundo sua visão, é por meio da organização social do trabalho que desenvolvemos estruturas e práticas sociais, as quais moldam o pensamento daqueles que fazem parte desse contexto. No entanto, Vygotsky foi além, atribuindo importância ao desenvolvimento da fala como um elemento distintivo dos seres humanos em relação aos outros animais. Nesse contexto, Vygotsky argumentou que, ao desenvolver a fala, os seres humanos constroem signos, que são representações mentais de objetos e conceitos reais.

Ao analisarmos filogeneticamente a cognição humana, podemos considerar que outros animais também são capazes de construir e utilizar instrumentos para modificar sua sociedade ou ambiente, mas o modelo socioconstrutivista defende que os seres humanos conseguem associar o uso de um instrumento a uma memória específica, como lembrar onde está um martelo quando necessário. Esse processo,

denominado relação instrumento-signo por Vygotsky, exemplifica a capacidade humana de vincular significados mentais superiores a objetos e atividades. Além disso, ao observarmos a utilização de signos, percebemos que podemos modificar e construir nossos instrumentos. Por exemplo, ao constatar que um martelo não é ideal para aplicar um parafuso, os seres humanos podem adaptar e aprimorar suas ferramentas, demonstrando a interação dinâmica entre signos e instrumentos no processo de desenvolvimento humano. Estes dois pertencem ao grupo denominado Mediação Simbólica.

A categoria de mediação de Vygotsky encontra respaldo no materialismo dialético de Marx & Engels, como destacado por Zanolla (2012). A análise marxiana do sujeito exige a investigação das condições materiais de sua existência e das relações que ele estabelece com as forças produtivas do tempo e local em que está inserido. As contradições em suas atividades e ações, quando expostas, podem conduzir o sujeito à consciência de sua própria situação social. Tomando do espírito da análise materialista dialética, o modelo socioconstrutivista outorga que o comportamento de um sujeito é moldado por suas funções mentais superiores. A relação entre sujeito e objeto, mediada por instrumentos e signos operados pelo indivíduo, possibilita a aquisição de aprendizados e caminhos cognitivos que servirão para aprimorar sua interação com o meio que vive. Para Vygotsky, a aquisição de consciência e funções mentais superiores não emerge como uma resposta direta a um estímulo, mas sim como uma construção interna destinada a modificar a realidade na qual o indivíduo está inserido. Em outras palavras, "em formas superiores de comportamento humano, o indivíduo ativamente modifica a situação estimulante como parte do processo de responder a ela" (SCRIBNER;COLE, 1978).

O método desenvolvimentista de Vygotsky procura examinar a origem de habilidades intelectuais e suas mudanças durante o aprendizado, ele acreditava em conduzir experimentos que propiciam uma maior oportunidade para o sujeito engajar em uma variedade de atividades que possam ser observadas ao invés de rigidamente controladas (SCRIBNER;COLE, 1978). Para obter isso, Vygotsky aplicava três técnicas em seus experimentos com crianças. A primeira envolve introduzir obstáculos que irão atrapalhar a solução óbvia de problemas. A segunda técnica é promover ajuda externa à solução de problemas que possam ser usadas de maneiras distintas. Enquanto a terceira consiste em solicitar que as crianças

resolvam problemas além de seus conhecimentos e habilidades atuais. O principal enfoque de Vygotsky era compreender os processos pelos quais os indivíduos passam para aprender, e não apenas o resultado final alcançado (DRISCOLL, 1995).

3.2.1 - Zona de desenvolvimento proximal - ZDP

Um conceito central para o ensino dentro da teoria socioconstrutivista é o da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Essa abordagem propõe que o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa não pode ser compreendido apenas pelo que ela já é capaz de fazer de forma independente, mas sim pelo que pode atingir com o auxílio de um instrutor ou colegas mais habilidosos. A ZDP preenche a lacuna entre as capacidades independentes atuais do indivíduo e as habilidades potenciais, sendo caracterizada por competências e possibilidades que emergem através do suporte de outros. Portanto, a ZDP destaca a importância da interação social e da instrução na promoção do crescimento cognitivo, sustentando que a aprendizagem é mais eficaz quando ocorre em colaboração com outros.

A ZDP de Vygotsky destaca a influência dos ambientes sociais e das interações interpessoais no desenvolvimento humano. Ao reconhecer a ZDP, os educadores podem ajustar seu ensino para atender às necessidades específicas de cada aluno, fornecendo o suporte adequado para maximizar o potencial de aprendizado. Essa abordagem enfatiza a importância das relações sociais e do diálogo na construção do conhecimento, promovendo uma educação mais centrada no aluno e adaptada às suas capacidades em evolução.

Traduzindo para o contexto da sala de aula, para orientar um processo educacional em torno da Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky, é essencial estar constantemente avaliando o que um estudante é capaz de realizar de forma autônoma e guiá-lo, com assistência, em direção a um estado cognitivo no qual ele possa ampliar seu leque de habilidades independentes. Sob a perspectiva de Lev Vygotsky: (1978, p 85. tradução nossa):

“Por mais de uma década nem os mais profundos pensadores questionaram a suposição; nunca consideraram a possibilidade de que as capacidades de uma criança através da assistência de outros pode ser, de certa maneira, ainda mais indicativa dos seus estados de desenvolvimento mental do que

aquilo que elas conseguem fazer sozinhas.” É dentro desse cenário que, segundo a teoria socioconstrutivista, ocorre a construção de funções mentais superiores no indivíduo que está aprendendo.

Imagem 1 - Ilustração da ZDP



Fonte: Canal YT SPROUTS - Vygotsky's Theory of Cognitive Development (acessado em 13/01/2024)

Em suma, o modelo socioconstrutivista tem como unidade fundamental de análise a interação social, diferente de outros teóricos da cognição. Nenhum ser humano nasce isolado. Existe, em via de regra, contato com pais, mães, família ou qualquer outro adulto, ou grupo de adultos, que seja responsável pelo desenvolvimento da criança. Ao longo da vida humana estamos constantemente em interação um com o outro e é através da internalização dessas interações que se propaga conhecimentos e aprendizados, primeiro de maneira interpessoal para depois de modo intrapessoal. Ao processo de aprendizado que é internalizado por cada sujeito, e posteriormente compartilhado, somam-se fatores e percepções individuais que formam a história e cultura de determinada unidade social. Esta, por sua vez, molda as vias cognitivas de cada indivíduo e o modo como o conhecimento é repassado.

Vygotsky não abordou de maneira detalhada os mecanismos específicos dessas construções cognitivas, mas isso não se mostrou uma lacuna que justifique o abandono de seu modelo, visto que sua abordagem de estudo é fundamentada na premissa de que o desenvolvimento cognitivo não pode ser compreendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural. Esse princípio é suficiente para justificar o estudo dessa teoria (MOREIRA, 1999). Para aprofundarmos a teoria socioconstrutivista e estabelecermos um arcabouço pedagógico alinhado aos nossos objetivos, é essencial buscar referências em outras pesquisas literárias que se comuniquem e construam ferramentas robustas junto dessa perspectiva.

3.2.2 - Scaffolding

Ao consultarmos o dicionário online Linguee (Disponível em: linguee.com.br. Acesso em: 02 fev. 2024) , a tradução do termo "*scaffold*", do inglês para o português, apresenta-se como "andaime", "cadafalso", "bailéu" ou "patíbulo". Contudo, nenhuma dessas expressões em português consegue abranger plenamente a complexidade e a intencionalidade da técnica pedagógica conhecida como "*scaffolding*". Conforme destacado por Anna Shvarts (2019) e Talip Gonulal (2018), o termo suscita diversas confusões e atribuições equivocadas, inclusive no próprio contexto da língua inglesa. Esse fenômeno decorre do uso repetitivo sem cuidado, bem como de atribuições incorretas, seja devido a similaridades em conceitos distintos ou a problemas de tradução. Nesse sentido, a necessidade de uma compreensão mais precisa e contextualizada de "*scaffolding*" é evidente, especialmente no campo da pedagogia, a fim de evitar equívocos e promover uma aplicação mais eficaz dessa abordagem no ensino.

No panorama da pesquisa em ensino, é recorrente a associação das técnicas de *scaffolding* aos modelos de aprendizagem fundados por Lev Vygotsky ou Jerome Bruner. No entanto, observa-se que dentro da obra de Vygotsky o termo tem origem na língua russa e pode ser encontrado em diversos contextos e em várias obras do autor e daqueles que influenciaram seu trabalho, como Hegel ou Marx. Seu uso e significado diferem substancialmente daquele pretendido ao ser invocado por estudiosos do ensino e da aprendizagem. Assim, é possível identificar vários autores que misturam a prática de ensino fundamentada no *scaffolding* com a perspectiva vygotskiana da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). No entanto, conforme salientado por Shvarts (2019, tradução nossa), "alguns especialistas do legado de Vygotsky afirmam que este termo - *scaffolding* - não aparece nas publicações de Vygotsky nem de seus seguidores". Quanto ao escopo de Bruner (1973,1975,1986,1987,1997), o autor intitula um panorama de aprendizado como "*the scaffolding process*" em algumas de suas publicações sem fazer referência ao modelo socioconstrutivista de Vygotsky. Entretanto, é compreensível a interlocução destes panoramas, pois, Bruner (1987, tradução nossa) descreve:

Muito frequentemente, envolve uma espécie de processo de "*scaffolding*" que permite a criança ou aprendiz resolver o problema, fazer tarefas ou atingir um

objetivo que iria além de seus esforços sem assistência. Este “*scaffolding*” consiste do adulto controlar elementos da tarefa que estão inicialmente além da capacidade do aprendiz, assim permitindo que ele se concentre e complete aqueles elementos que estão dentro de seu alcance de competência.

Evidenciado pelas traduções fornecidas previamente, a palavra *scaffolding* remete a estruturas físicas que permitem alcançar espaços que seriam de difícil acesso. Dentro do contexto educacional, o termo é usado metaforicamente. Os processos assim denominados são pensados como estruturas educacionais modeladoras que permitem ao aluno um acesso guiado a locais que antes ele não poderia chegar, visando a construção de um aprendizado. Mas conforme pontuam autores como John Nordlof (2014), David Bakhurst e Stuart G. Shanker (2001, tradução nossa):

“À medida que crianças desenvolvem habilidades de interpretar as intenções comunicativas de adultos em uma variedade maior de situações, se torna menos crucial ao aprendizado termos adultos mais sensíveis ao processo, e assim formatos de ensino mais estruturados podem ser descartados, tal como andaimes reais são descartados assim que o prédio está construído.”

Os autores, em sua publicação, fazem referência ao aprendizado da linguagem durante o período infantil dos estudantes. Mas como já exposto em capítulo anterior, tomaremos a postura de entender o processo de aprendizagem científica em níveis fundamentais do ensino como aprendizado em uma linguagem. Tornando a perspectiva escolhida como de extrema relevância para nosso trabalho.

Na dinâmica de uma sala de aula, é impraticável esperar homogeneidade cognitiva entre os estudantes, dada a diversidade de aptidões, históricos acadêmicos, vivências individuais e interesses. Em outras palavras, uma variedade de fatores pode conduzir a diferentes estágios de aprendizado ou engajamento dos alunos, resultando, no máximo, em um baixo desvio-padrão de desempenho. A heterogeneidade presente pode causar frustrações tanto para aqueles em estágios mais avançados de compreensão, que podem perceber uma carência de estímulos, quanto para aqueles que ainda estão em processo de aprendizado, podendo se sentir desencorajados ou desmotivados diante de um desempenho considerado inferior. Conforme defendido por Nordlof (2014) e Merve Bekiryazıcı (2015), a abordagem de ensino por *scaffolding*, associada ao panorama socioconstrutivista, pode estabelecer um ambiente de sala de aula que contribui para superar essa

dificuldade. O desafio que se impõe é considerar tais fatores enquanto construímos um produto educacional que atenda aos nossos objetivos.

A prática de instrução sob a perspectiva *scaffolding*, segundo Applebee (1983), precisa levar em consideração 5 critérios cruciais: intencionalidade, adequação, estrutura, colaboração e internalização. Estes critérios nascem de uma generalização feita pelo autor através do processo de aprendizado de linguagens desenvolvido por Halliday (1975). Eles são delineados por Applebee (tradução nossa) como:

- . Intencionalidade: A tarefa precisa ter um propósito geral claro guiando qualquer atividade em separado que possa vir a contribuir com o todo. Eventuais avaliações do sucesso estudantil podem vir através daquilo que foi pretendido de ser conquistado.

- . Adequação: As tarefas de instrução apresentam problemas que possam ser resolvidos com ajuda mas nas quais o aluno não pode ter sucesso por conta própria. As tarefas mais adequadas serão aquelas que envolvem habilidades ainda não desenvolvidas mas que estão neste processo, ou em termos de Vygotsky (1962), habilidades que ainda não estão “maduras” mas amadurecendo”.

- . Estrutura: Atividades que envolvam modelagem ou perguntas são pensadas ao redor de abordagens apropriadas às tarefas e levam à uma sequência natural de pensamento e linguagem.

- . Colaboração: A resposta do professor ao trabalho do aluno valoriza os esforços do estudante sem rejeitar aquilo que foi cumprido por conta própria. O papel principal do professor é colaborativo e não avaliativo.

- . Internalização: Apoios externos à atividade são gradualmente removidos à medida que os alunos internalizam padrões.

Usaremos os critérios estabelecidos pelo referido autor como guia para montagem de nossa sequência didática. Acreditamos que tais parâmetros sejam condizentes com a proposta aqui já apresentada, além de estarmos respaldados pela nossa ótica de vermos o ensino de ciências dentro do 7º ano do Ensino Fundamental como, em primeiro momento, um ensino de um idioma que ainda é alheio ao estudante. Tal ótica é inclusive condizente com os critérios estabelecidos por Applebee (1983), que em seu trabalho utiliza diversos exemplos de aulas de ciências em anos escolares de nível inicial.

3.3 - Metodologias ativas

Um dos maiores desafios do ensino de ciências contemporâneo consiste em desenvolver mentes capazes de analisar criticamente informações, processar suas implicações, verificar a veracidade e aplicá-las de maneira concisa e adequada à realidade do indivíduo. A abordagem educacional tradicional, centrada em aulas expositivas, onde os alunos adotam uma postura passiva diante da instrução, e professores assumem o papel de autoridade detentora do conhecimento, tende a formar mentes que percebem o conhecimento apenas pela condição de espectadores (BERBEL, 2011) do próprio aprendizado. Isto é ainda mais preocupante ao considerarmos a vida contemporânea na “Era da Informação”.

Essa problemática torna-se mais significativa ao considerarmos a perspectiva de aplicação deste trabalho. As turmas do 7º ano do Ensino Fundamental geralmente são compostas por jovens com idades entre 11 e 13 anos. Conforme estabelecido pelo Estatuto da Criança e Adolescente (BRASIL, 1990), aos 12 anos, a pessoa deixa de ser considerada uma criança, sendo agora classificada como adolescente. É importante destacar que essa definição legal é uma referência necessária para o contexto jurídico e não possui valor absoluto em discussões cognitivas ou pedagógicas. No entanto, essa perspectiva reforça a ideia de que nesse grupo de alunos, ainda são observados certos comportamentos típicos da infância, como o desejo por brincadeiras, a necessidade de atividades que promovam o gasto de energia e o interesse por dinâmicas que fomentem a socialização.

Felizmente, no âmbito do debate sobre aprendizagem e ensino, diversas técnicas e abordagens buscam superar o paradigma da aula tradicional. De acordo com Bonwell (1991), uma sala de aula orientada para "Aprendizagem Ativa" apresenta características como: envolvimento dos estudantes para além da simples escuta, menor ênfase na transmissão de informação e maior foco no desenvolvimento de habilidades, envolvimento dos alunos em níveis superiores de pensamento (análise, síntese, avaliação), participação ativa em atividades, e uma ênfase mais elevada na exploração pelos alunos de suas próprias atitudes e valores. Este escopo mostra-se altamente favorável para a problemática abordada neste projeto, e está alinhado com nossas intenções e objetivos. Acreditamos que a alfabetização científica, acima de qualquer outra meta deste trabalho, será

significativamente beneficiada pela adoção de Metodologias Ativas de ensino. Consideramos que grande parte do crescimento dos movimentos negacionistas da Ciência decorre da alienação entre os indivíduos inseridos em uma sociedade e os conhecimentos que esta produz.

É possível encontrar um número bastante elevado de abordagens e métodos de ensino diferentes que possam ser enquadrados na categoria de metodologia ativa. Aqui, faremos um breve apanhado de algumas delas, dando preferência por aquelas que consideramos ter maior aplicabilidade dentro do ensino de Física.

O **Estudo de Caso** é uma metodologia ativa que envolve análise minuciosa de uma situação específica, seja ela real ou simulada (ABREU; MASETTO, 1989), proporcionando aos participantes a oportunidade de explorar, compreender e resolver desafios do mundo real. A estrutura do estudo de caso permite que os alunos desenvolvam habilidades críticas de análise, interpretação e solução de problemas, estimulando uma aprendizagem mais significativa.

Além disso, o estudo de caso promove a participação ativa dos alunos, incentivando o debate e a colaboração entre eles. A inexistência de uma resposta concreta e definitiva torna a realidade deste método de aprendizado muito menos ameaçador que a sala de aula, além de validar diversas abordagens e pontos de vista sobre o conhecimento (ABREU; MASETTO, 1989). Dessa forma, o estudo de caso emerge como uma abordagem pedagógica valiosa, proporcionando uma ponte eficaz entre a teoria acadêmica e a aplicação prática.

Concebido na Universidade de Harvard pelo professor de Física Eric Mazur em 1991, a metodologia **Peer Instruction** se baseia na construção de uma sala de aula onde os alunos são os principais promotores da aprendizagem e do ensino. Tem se tornado uma técnica amplamente difundida, pois torna o estudante um agente altamente ativo dentro do aprendizado.

Dentro desta metodologia os alunos devem interagir, explicar entre si, elaborar soluções para problemas e responderem, juntos, diversos questionários a respeito do tema. Este método depende dos alunos terem conhecimentos e estudos a respeito do tema em horários que não sejam o da aula (MAZUR; SOMERS, 1997), utilizando, assim, o horário dentro de sala para a construção coletiva do conhecimento, ensinando uns aos outros.

De acordo com Bender (2014), a **Aprendizagem Baseada em Projeto (ABPj)** consiste em separar os alunos em grupos de trabalho e mobilizá-los a

resolverem problemas reais a partir de projetos concretos. Recomenda-se usar esta abordagem de ensino com foco ou ênfase em interdisciplinaridade, visto que projetos da vida real costumemente possuem facetas e aspectos pertinentes a mais de uma disciplina escolar. O autor ainda ressalta a importância para esta metodologia de incentivar os grupos a exporem ou apresentarem seus projetos a um público. Tal momento de conclusão para o projeto pode se tornar engrandecedor pois engaja alunos de diversos contextos e dinâmicas escolares distintas. Ou seja, até mesmo um aluno com dificuldade em estabelecer rotina de estudos mas que possui grande destreza social pode contribuir, tal como estudantes mais contidos e tímidos, mas com bom desempenho de estudo e pesquisa também o podem.

Dentre as diversas metodologias ativas, optamos por escolher, naturalmente, aquela que julgamos ser a que melhor se adequa a nossa realidade de aplicação do produto a ser desenvolvido, bem como que nos trará ferramentas valiosas para o cumprimento de nossos objetivos delineados. A metodologia escolhida se chama **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL**, como será referida neste trabalho para evitar confusão com ABPj). A seguir, dedicamos espaço para nos aprofundarmos na abordagem de ensino escolhida.

3.3.1 - Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL

Na década de 60, um grupo de professores da Universidade McMaster em Hamilton, no Canadá, decidiu abordar um problema curricular latente nos cursos de medicina. Era observado que os alunos se tornavam desinteressados e entediados pela quantidade massiva e demasiada extensa de informações que deveriam memorizar para as avaliações da faculdade, e pouco lhes era apresentado sobre como essas informações se conectariam com suas práticas profissionais futuras. De acordo com O'Grady (2012), a solução oferecida pelo grupo de docentes não era derivada de ideias inéditas na prática pedagógica. No entanto, essa experiência é considerada um marco para uma abordagem educacional que hoje chamamos de Aprendizagem Baseada em Problemas ou *Problem Based Learning*, na língua inglesa.

Ainda de acordo com O'Grady (2012), diversos marcos de pensamento, como Platão, Dewey, Bruner e, inclusive, experiências pedagógicas em outras universidades, observaram que algumas práticas educacionais deveriam começar

com a análise coletiva de problemas concretos e baseados na realidade. Através das publicações do grupo de docentes da McMaster, percebemos que o enfoque educacional proposto traria mudanças nos papéis dentro da sala de aula, transformando o conteúdo a ser aprendido em uma ferramenta para a solução de problemas, os alunos como principais agentes cognitivos nesse processo, e o professor como um tutor mediador do pensamento na resolução de problemas.

Dentro desse panorama, um problema concreto é apresentado à turma de estudantes e discutido em grupo. Posteriormente, os alunos chegam a denominadores comuns daquilo que ainda não dominam completamente para a solução adequada do problema. Essas questões não resolvidas tornam-se pontos-chave de atividades autodirigidas de estudo, permitindo que os alunos retornem dias depois e tentem construir um novo modelo mental de explicação para aquilo que antes não haviam conseguido resolver com sucesso. Essa mudança de paradigma introduzida pelo grupo desencadeou diversas experiências com o mesmo propósito em locais como Novo México, Newcastle, Holanda e Austrália. Posteriormente, em cerca de duas décadas, essa abordagem já teria encontrado terreno fértil não apenas em diversos locais do mundo, mas também em muitas outras áreas da educação além da formação de médicos clínicos.

Aulas de ciências, especialmente no ensino básico, frequentemente seguem uma estrutura extremamente rígida que favorece a simples replicação de conhecimentos. Normalmente, quem ministra a aula apresenta conceitos já pré-definidos aos alunos, limitando sua participação a um esclarecimento daquele conceito. Concordamos com a perspectiva de que "um elemento empolgante da PBL é seu potencial para turmas com habilidades mistas. Se os problemas são suficientemente complexos, os alunos devem trabalhar juntos e depender uns dos outros para resolvê-los" (VAN KAMPEN et al.,2004, tradução nossa). Diante da problemática delineada com a aplicação de nosso produto educacional, elegemos a abordagem de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) como uma excelente candidata para instigar alunos do 7º ano do Ensino Fundamental a alcançar os objetivos delineados neste trabalho, como a alfabetização científica, o engajamento na produção do próprio conhecimento e a construção coletiva do aprendizado por meio da investigação.

A aplicabilidade de uma sequência de ensino baseada em PBL dentro do contexto científico não é uma novidade. Como amplamente discutido por Allen

(1996), essa metodologia aborda várias críticas comuns ao método tradicional de ensino:

- Os alunos são incentivados a cooperarem em grupos, tornando a sala de aula mais inclusiva e desenvolvendo habilidades de comunicação muito importantes para a vida posterior dos estudantes
- Aumenta a retenção dos estudantes ao ensinar através de contexto
- Ensina os alunos como se aprende algo novo. Os alunos são encorajados a desenvolverem seus próprios meios de apropriação de algum conhecimento
- Os estudantes têm um contato mais real com o “fazer Ciência”. Um dos principais percalços da aula tradicional é fazer o elo do abstrato ao concreto. Através da PBL os alunos prosseguem o caminho tradicional da ciência que é daquilo que se sabe rumo ao desconhecido.

A autora vai além, ao relatar casos concretos de aplicações desta metodologia, fica evidente o caráter dinâmico e empolgante de uma sala de aula baseada nos princípios delineados pela PBL. Os professores são constantemente desafiados pela dinâmica, e os alunos conseguem transcender a proposta inicial de ensino para irem muito além em seus conhecimentos. Como também salientado por Loftus (2005):

Por exemplo, hoje é amplamente aceito que a Aprendizagem Baseada em Problemas ensina os alunos a adotarem uma abordagem profunda ao invés de superficial ao aprenderem, e crê-se que o método pode encorajar uma abordagem indutiva mais hábil para resolver e diagnosticar problemas, além de habilidades dedutivas para teste de hipóteses.

Para um adequado planejamento de uma sequência didática baseada em PBL, estamos de acordo com Allen (1996) que bons problemas precisam apresentar certas características cruciais: Os problemas permitem que os alunos se envolvam ativamente e percebam sua relevância no contexto do dia a dia. Esses desafios serão formulados de maneira abrangente, incentivando os estudantes a realizar estimativas e assumir estimativas mensuráveis ou não. Ao serem desafiados por problemas que geram controvérsias ou demandam decisões, os alunos serão guiados por processos de desenvolvimento de pensamento, promovendo não apenas a demonstração de compreensão, mas também o aprimoramento de suas habilidades analíticas e não apenas a simples reprodução e assimilação de conhecimentos. Além disso, é crucial que os alunos reconheçam a importância do trabalho coletivo para alcançar uma conclusão satisfatória.

Para uma boa aplicação da sequência de Aprendizagem Baseada em Problemas, é crucial ter muito bem delineados os objetivos a serem aprendidos, para posteriormente realizar uma boa seleção dos problemas a serem apresentados. Adicionalmente, são considerados bons critérios para as situações-problemas no ensino de ciências (BROOKS & BROOKS, 1993): as previsões dos alunos devem ser testáveis; os materiais devem ser acessíveis; a situação deve ser complexa o suficiente para comportar diferentes abordagens e gerar soluções múltiplas; o processo de solução do problema deve ser aprimorado através de uma abordagem coletiva. Este último ponto será crucial na modelagem de nosso produto educacional, através dele, pretendemos instigar nos estudantes a perspectiva de ciência como construção coletiva de pensamento.

Ainda na seleção de critérios para os problemas a serem apresentados, tomamos a perspectiva de selecionar problemas sem uma clara solução, pois conforme Akçay (2009, tradução nossa):

“Estudantes são apresentados a situação-problemas com resoluções mal definidas. A situação requer investigação, coleta de informações e reflexão. Após angariar e avaliar dados, o cerne do problema pode mudar e abrir novas rotas para investigações. Alunos devem analisar, sintetizar e avaliar para ganharem uma noção do todo e formularem uma solução viável. [...] Eles devem questionar e realizar experimentos. Eles esclarecem o que sabem. Este processo os ajuda a acessar conhecimentos prévios e fazer conexões. Estudantes podem compartilhar suas soluções utilizando mapas conceituais, gráficos, mapas, propostas, cartazes expositivos, modelos, vídeos ou até páginas de internet.”

Esta perspectiva conecta-se com o ensino original deste trabalho, pois somos adeptos da visão de que ao envolver os alunos em um processo coletivo de construção do pensamento, estaremos criando uma vivência com a ciência muito mais próxima da maneira como a ciência é construída. Esta ótica a respeito do processo educacional é valiosa para alcançarmos o objetivo de inserir as habilidades críticas e cognitivas que julgamos necessárias para nossos estudantes. Polanco et al. (2004) mostra que a construção do conhecimento através de conexões sociais e trabalhos cooperativos, tanto em grupo quanto entre grupos, propicia melhores resultados acadêmicos.

Assim, temos como parte integral do processo proposto neste trabalho a necessidade de exposição e debate coletivo a respeito das soluções aos problemas

discutidos previamente. Conforme Rivard et al. (2000), os processos de aprendizagem dentro da ciência são aprimorados significativamente quando os alunos precisam escrever e falar a respeito daquilo que estão aprendendo. A fala desempenha um papel crucial no compartilhamento, esclarecimento, questionamento, levantamento de hipóteses, explicações e formulação de ideias. Enquanto a escrita se mostra importante para o refinamento e consolidação de novas ideias e construção de soluções. Conforme o autor: “essas duas modalidades parecem ter uma relação dialética: a fala é social, divergente e produtora, enquanto a escrita é pessoal, convergente e reflexiva” (RIVARD et al., 2000). Portanto, consideramos de crucial importância que o trabalho culmine em uma apresentação dos trabalhos executados, seguida por um debate coletivo acerca dos sucessos, falhas e especulações. Ressaltamos a relevância, dentro da abordagem proposta, de afastar dos estudantes a concepção de estarem invariavelmente corretos. É imperativo que compreendam a importância do erro, pois deste é possível extrair conhecimentos e aprendizados.

Vários autores se dedicam à compreensão da efetividade da Aprendizagem Baseada em Problemas como um método de ensino viável e que atenda às expectativas do docente. Os resultados, conforme é esperado do método científico, conduzem a conclusões diversas. Segundo Colliver (2000) e Strobel (2009), embora o método se revele desafiador, motivador e envolvente para os estudantes, não se pode afirmar categoricamente sua eficácia como um método de retenção de conhecimento. Autores como Norman & Schmidt (2000), Bligh (2000) e Albanese (2000) propõem, como contraponto, que a Aprendizagem Baseada em Problemas se justifica mesmo dentro destes parâmetros simplesmente por se apresentar como método de ensino que torna aquilo a ser ensinado mais interessante e engajador para o estudante. Como evidenciado por Norman (1992), a Aprendizagem Baseada em Problemas se demonstra eficaz tanto para aumentar o interesse daquele que aprende quanto para aprimorar habilidades de auto-aprendizagem. Adicionalmente, estudantes cujos cursos se baseiam na metodologia se revelam como mais hábeis com conhecimentos de ciência básica e possuem uma atitude mais otimista a respeito do ambiente escolar do que alunos de currículos tradicionais.

Com o objetivo de expandir a compreensão do processo de aprendizado dentro da proposta metodológica aqui debatida, Loftus (2005) propõe que não é necessariamente a estrutura na qual a sequência de aulas é planejada, mas sim a

perspectiva na qual a pesquisa em ensino é comumente conduzida. O autor sugere que se repense o panorama da Aprendizagem Baseada em Problemas através da obra de Lev Vygotsky, o que inevitavelmente se alinha de maneira coerente com o panorama proposto por nós neste trabalho. De acordo com Loftus (2005, tradução nossa):

Vygotsky colocou enorme ênfase na centralidade da língua e na noção que a aquisição linguística abre o caminho para o pensamento abstrato. O discernimento que isto estabelece para a prática e pesquisa da Aprendizagem Baseada em Problemas é que educação profissional é primariamente sobre aprendizado e uso do idioma profissional. Ter uma linguagem muda a maneira que enxergamos a realidade.

É evidente que o autor se refere ao método de Aprendizagem Baseada em Problemas em sua aplicação original dentro de Universidades de Medicina. Entretanto, nos chama a atenção que o autor, ao propor a ótica vigotskiana como uma solução mais eficaz para o estudo e pesquisa da metodologia, tenha evocado o conceito do aprendizado através da linguagem. Tal fato se integra de forma coerente com todo o debate proposto até aqui, principalmente com nosso objetivo principal neste trabalho de promover uma alfabetização científica. Ainda segundo o autor, uma sala de aula planejada através da solução de problemas instiga os alunos a interagirem e, ao utilizarem as ferramentas da linguagem necessárias para as soluções dos problemas que enfrentam, acabam por adquirir os símbolos e capacidades cognitivas almejadas pela sequência de ensino.

4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em um mundo cada vez mais tecnológico, surge o debate sobre como preparar as futuras gerações para lidarem com tecnologias cuja plena potencialidade e impacto social ainda não são totalmente compreendidos. Os alunos nascidos nos anos 90 testemunharam o surgimento da internet como uma ferramenta de informação, embora seu acesso tenha sido inicialmente restrito no ambiente escolar. Por outro lado, as crianças nascidas por volta de 2010 vivenciaram uma experiência escolar totalmente virtual mesmo em tenra idade durante a pandemia de COVID. Esse cenário se torna ainda mais notável neste ano de 2024, com a popularização de tecnologias como Inteligências Artificiais e os debates em torno da regulamentação das redes sociais.

Professores e educadores estão cada vez mais preocupados com a formação científica básica de seus estudantes, visando prepará-los para viver em um mundo onde há uma crescente onda de desinformação, além do acesso a falsas controvérsias e argumentos anti-científicos presentes nas redes sociais. Essa preocupação é evidente na plataforma Google Scholar, onde encontramos cerca de 2000 resultados de artigos relacionando os termos "Negacionismo" e "Educação Científica". Assim, iniciamos nossa pesquisa em busca de bibliografias e trabalhos acadêmicos que abordam a alfabetização científica nos anos iniciais de ensino, pois delineamos esta problemática como cerne de nossa pesquisa.

Como termos norteadores desta etapa de investigação, realizamos buscas por trabalhos que abordem "Alfabetização Científica" e "Anos Iniciais". Esses termos são centrais para nosso estudo, uma vez que representam tanto nosso objetivo principal quanto um aspecto destacado da realidade escolar na qual nosso trabalho está inserido. Nossa pesquisa foi executada nas plataformas de acesso aberto mais populares dentro da pesquisa educacional, no Brasil: *Google Scholar*, SciELO, Portais de periódicos da Capes e repositórios de dissertações de Universidades brasileiras. Elegemos aqui alguns que mereceram destaque e serviram de referência à nossa linha de argumentação.

- Encontramos no trabalho de Sasseron (2010) uma discussão fundamentada no contexto histórico do ensino de ciências no Brasil, oferecendo uma análise abrangente dos documentos que delineiam as diretrizes e políticas

educacionais no país. Além disso, a autora instiga um debate sobre a intencionalidade do ensino de Física, propondo práticas conscientes e direcionadas como meio de alcançar resultados satisfatórios na prática docente. Em seu trabalho, encontramos também ricos estímulos relacionados à etapa de planejamento da rotina de sala de aula voltada ao ensino de Ciências como um todo. Por fim, sua argumentação converge com nosso trabalho ao levantar debates sobre a importância de se priorizar a Alfabetização Científica no ensino de ciências naturais, além de se aprofundar no que ela denomina **eixos estruturantes** deste processo. Os indicadores da Alfabetização Científica trazidos pela autora foram de enorme peso para a estrutura da proposta pedagógica elaborada.

- Consideramos muito relevante o trabalho de Ramos (2020), que promove um debate entre professores de ciências sobre o conceito de Alfabetização Científica e suas perspectivas em relação ao conhecimento científico. O artigo analisa diversos discursos de profissionais da educação sobre esses temas, além de propor classificações pertinentes para a análise da problemática enfrentada em sala de aula. Esse estudo se mostra valioso como ponto de reflexão e observação, pois esses debates muitas vezes não fazem parte da rotina escolar, limitando-nos a acessar diferentes pensamentos e perspectivas de nossos colegas profissionais. A pesquisa da autora é altamente pertinente ao destacar o reconhecimento, por parte dos professores, da necessidade de mudança nos paradigmas educacionais existentes.
- Vilela-Ribeiro (2013) realiza um trabalho semelhante e igualmente valioso ao de Ramos (2020), embora seu foco esteja nos professores formadores de ciências em uma instituição de Ensino Superior. O estudo da autora também revela a preocupação e a conscientização dos professores sobre a necessidade de adotar novos caminhos educacionais além dos já estabelecidos dentro do panorama social vigente. No entanto, destaca que não é possível encontrar uma abordagem unificada entre os participantes, ressaltando assim a importância de promover esse debate em todas as esferas da formação em ensino de ciências, incluindo os cursos de Licenciatura e a formação contínua de profissionais da educação.
- Vizzotto (2020) conduz uma revisão de literatura com o objetivo de analisar e quantificar a utilização do Teste de Alfabetização Científica Básica (TACB) no

contexto brasileiro entre os anos de 2006 e 2020. O estudo deste autor não apenas oferece discussões valiosas sobre os testes de avaliação da Alfabetização Científica, mas também destaca a tendência de tais trabalhos estarem mais presentes no Ensino Superior, com menor incidência no Ensino Médio e escassez de estudos no contexto do Ensino Fundamental.

- Em contrapartida, Pizarro (2015) realizou uma revisão bibliográfica embasada na análise de conteúdo de mais de 35 publicações. Os estudos examinados pelo autor assemelham-se ao abordarem a Alfabetização Científica nos anos iniciais da educação escolar. Dessa forma, além de traçar uma problemática semelhante àquela estabelecida neste trabalho, o autor oferece reflexões pertinentes sobre indicadores para a Alfabetização Científica, buscando uma educação sólida e eficaz que os estudantes possam levar para as próximas etapas de sua formação educacional.
- Nossa proposta está inserida na etapa denominada Anos Finais, abrangendo do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental. Nesse contexto, consideramos importante reflexões como as apresentadas por Viechenski (2012), que oferece análises e revisões bibliográficas sobre a realidade e os trabalhos desenvolvidos relacionados à Alfabetização Científica nos Anos Iniciais de ensino, do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental. É crucial considerar que os estudantes nessa fase do ensino já possuem certas habilidades e perspectivas educacionais que podem ser valiosas ou representar desafios nas fases de ensino posteriores. Viechenski conduz uma pesquisa sobre a perspectiva de como ensinar ciências mesmo para alunos em idades mais jovens.

Além das pesquisas mencionadas, buscamos trabalhos e artigos alinhados com nossa temática e contexto educacional. Para isso, realizamos uma pesquisa bibliográfica nos mesmos bancos de dados, utilizando termos como "Termodinâmica", "Temperatura", "Calor", "Física" e similares em conjunto com termos como "Anos Finais", "Ensino Fundamental" e "7º Ano", bem como termos correspondentes na língua inglesa. Nosso objetivo com essa iniciativa foi encontrar trabalhos correlatos à problemática abordada em nosso produto educacional.

O resultado dessa busca revelou uma fonte de frustração para nós. Em bancos de dados brasileiros, como o MNPEF no site da Sociedade Brasileira de

Física, notamos uma escassez perceptível de trabalhos que abordem o período de ensino entre o 6º e o 9º ano do Ensino Fundamental, especialmente no tópico de Termodinâmica. Nos poucos trabalhos encontrados, como Santos (2023) e Gomes (2017), observamos uma abordagem comum de adaptar o conteúdo lecionado à capacidade matemática e à maturidade dos estudantes com os quais trabalhamos. Ao explorarmos bancos de dados e termos de pesquisa internacionais, pudemos encontrar uma oferta maior de resultados. No entanto, nossa pesquisa revelou uma baixa oferta de estudos mais recentes, destacando-se Lewis (1996), MC Linn (1991) e Songer (1991).

Não temos pretensão de considerar nossa sequência didática como pioneira ou vanguardista neste trabalho. Reconhecemos, no entanto, que não é comum encontrar escolas, especialmente no contexto brasileiro, que ofereçam aulas de Física como disciplina separada no 7º ano do Ensino Fundamental. Normalmente, o conteúdo ensinado nestes anos é ministrado por professores com formação em Biologia ou Ciências Naturais. Este fato ajuda a explicar nossa dificuldade em encontrar estudos correlatos ao nosso com esse grau de especificidade. É esperado que haja pouca pesquisa em ensino de Física nesses níveis de ensino devido à baixa presença de professores de Física com essa atuação profissional.

5 - INTRODUÇÃO À TERMODINÂMICA

Na teoria da Termodinâmica, encontramos um modelo mental destinado a fornecer uma descrição macroscópica da matéria e de seus estados observáveis. As grandezas termodinâmicas constituem descrições macroscópicas de várias interações e fenômenos que ocorrem em escalas menores, mas que podem ser interpretadas e descritas por meio dos conceitos Temperatura, Pressão e Volume. Historicamente, como apontado por Nussenzveig (2002), as leis e interpretações do mundo na termodinâmica surgiram através da observação fenomenológica, ou seja, é uma teoria de caráter empirista. Somente com o desenvolvimento dos modelos da *Mecânica Estatística e a Teoria Cinética dos Gases* é que começamos a entender como as relações obtidas por meio de experimentos macroscópicos estão conectadas ao que acontece em nível microscópico.

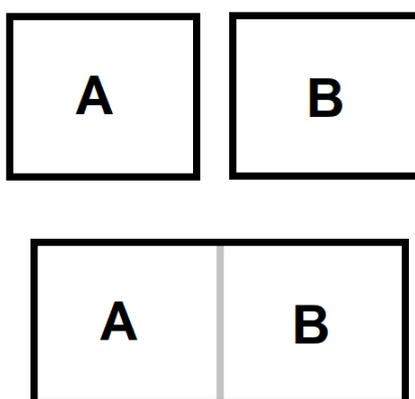
Dado que a termodinâmica é uma teoria física com amplos impactos sociais, tecnológicos, científicos e até mesmo filosóficos, nosso objetivo neste capítulo não é propor uma descrição completa, mas sim fornecer uma visão suficiente para atender às nossas metas e objetivos. Buscamos capacitar os leitores deste trabalho com os aspectos que consideramos relevantes para serem conhecidos e discutidos no contexto da sala de aula. Embora seja possível desconfiar da maturidade acadêmica dos alunos em compreender a teoria por completo, acreditamos que cabe ao professor fazer o recorte adequado para a fase de aprendizado em que os estudantes se encontram.

5.1 - Equilíbrio térmico e a lei zero da termodinâmica

É evidente em nosso universo a atribuição das qualidades de *quente* e *frio* a certos corpos, uma percepção baseada em nossas percepções sensoriais e que são suscetíveis a falhas. No entanto, deixaremos essa discussão para um momento posterior. Agora, focaremos em um fato observável: quando um corpo com a qualidade *quente* entra em contato com outro corpo de qualidade *fria*, as duas qualidades irão “desaparecer”, resultando em um estado em que não podemos mais distinguir entre quente e frio em ambos os corpos. Neste momento, dizemos que os corpos estão em *equilíbrio térmico*.

O estado termodinâmico de equilíbrio térmico é definido com base em observações experimentais, nas quais podemos medir que as variáveis mensuráveis macroscópicas de corpos isolados do ambiente tendem a convergir para um mesmo valor após permitir a interação térmica entre eles. De forma mais específica, consideremos dois sistemas termodinâmicos, A e B. Dizemos que esses sistemas estão em equilíbrio interno quando não observamos mudanças em suas variáveis macroscópicas ao longo do tempo. É importante notar que o equilíbrio de A não depende do equilíbrio de B e vice-versa. Quando permitimos a interação entre A e B, mantendo-os isolados do ambiente externo, observamos que suas variáveis macroscópicas podem sofrer alterações durante um certo período, até que essas mudanças cessem. Nesse ponto, dizemos que A e B estão em *equilíbrio térmico* entre si.

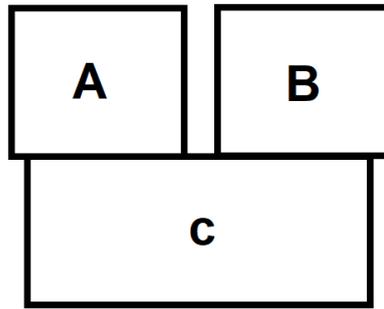
Imagem 2 - Corpos A e B inicialmente isolados, depois em contato térmico.



Fonte: autoria própria

Podemos agora avançar para a conceituação da Lei Zero da termodinâmica. Consideremos um terceiro sistema, C, que pode interagir termicamente tanto com A quanto com B ao mesmo tempo e que está em equilíbrio termodinâmico simultâneo com ambos. Nessa situação, de acordo com nossa formulação, não é necessário que A e B interajam termicamente para concluir que estão em equilíbrio térmico entre si. Assim, podemos atribuir à Lei Zero a qualidade de ser uma lei de medição das temperaturas. Isso ocorre porque o sistema C atua como um termômetro para A e B, permitindo-nos inferir que ambos possuem a mesma grandeza macroscópica sem a necessidade de interação direta entre eles.

Imagem 3 - Representação do equilíbrio térmico

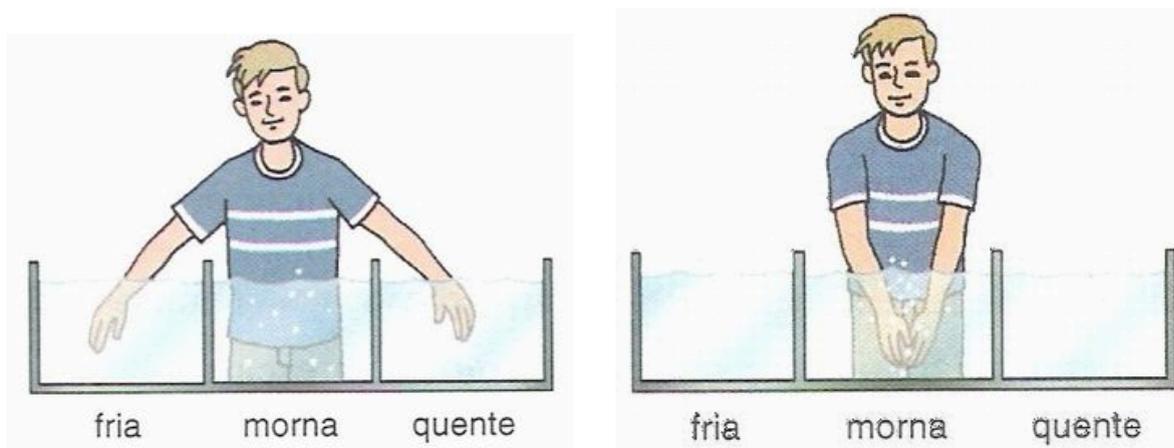


Fonte: autoria própria

5.2 - Temperatura

Como mencionado anteriormente, as percepções sensoriais humanas costumam ser o ponto de partida para a construção de modelos explicativos dos fenômenos do universo. No entanto, tentar basear-se no sentido do tato para determinar as qualidades de quente e frio em nosso universo pode levar não apenas a debates infrutíferos, mas também a conclusões equivocadas. Começamos argumentando que as percepções individuais variam de pessoa para pessoa, como evidenciado pelo fato social de que uma pessoa do Norte do país pode considerar 20°C como uma temperatura ambiente que requer um casaco, ou seja, essa pessoa julga estar *frio*, enquanto uma pessoa do Sul pode considerar essa mesma temperatura como agradável e, portanto, *quente*. Além disso, observamos que nossas avaliações de temperatura podem diferir simultaneamente, como ilustrado no famoso experimento mental das três bacias com água:

Imagem 4 - Experimento mental para ilustrar a falha na percepção sensorial como instrumento de medida



Fonte: SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Física. 2.ed. São Paulo: Atual, 2005, p. 165. vol. único
<imagem em ciencias.seed.prg.gov.br. Acesso em 15 fev. 2024>

A imagem 4 representa o experimento mental em que uma pessoa é solicitada a colocar cada mão em um pote com água diferente. O pote à esquerda contém água próxima ao seu ponto de fusão, enquanto o pote à direita contém água próxima de seu ponto de ebulição. O pote de água intermediário contém água recém-obtida de uma fonte doméstica, por exemplo. O experimento envolve pedir à pessoa que tente rotular a água do pote do meio como quente ou fria e observar que ela não consegue fazer isso de maneira precisa, pois cada uma de suas mãos possui percepções opostas em relação à temperatura dessa água. O propósito deste experimento mental é destacar a necessidade de estabelecer um critério objetivo, e portanto numérico, para definir o que é quente ou frio. Chamamos essa medida física de Temperatura.

Essa conceituação da temperatura é totalmente baseada em uma interpretação macroscópica da medida física e tenta evitar compromissos com o conhecimento microscópico da matéria. No entanto, com o desenvolvimento de teorias mais completas da termodinâmica, como a *mecânica estatística* e a *teoria cinética dos gases*, a formulação mais aceita da temperatura (T) é que ela é o inverso da variação parcial da entropia (S) em relação à energia (U) (mantendo o volume (V) e a quantidade de matéria (N) constantes). Dito através da equação:

Equação 1 - Definição termodinâmica de temperatura de um sistema

$$\frac{1}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial U} \right)_{V,N}$$

A equação 1 ilustra um aspecto fundamental da temperatura, obtido através de observação empírica. Pois sistemas com temperatura mais alta apresentam uma menor variação de entropia para um mesmo aumento de energia, enquanto sistemas com temperaturas mais baixas exibem variações de entropia maiores. Seguindo a segunda lei da termodinâmica, podemos inferir da equação 1 a característica essencial da temperatura que consiste na observação empírica de sistemas com temperatura alta sempre cederem energia para sistemas com temperatura baixa, pois resulta em um aumento global de entropia. Embora essa formulação seja mais precisa, requer um entendimento completo de outros conceitos e leis da termodinâmica, tornando-se uma definição reservada para aqueles em níveis mais avançados de estudo da física. Nossa conceituação anterior, embora simples, parece mais adequada como ponto de partida para discussões com estudantes leigos.

5.3 - Calor

Através das observações empíricas do fenômeno do equilíbrio térmico, a teoria termodinâmica postula a existência de uma grandeza que é perdida pelo corpo quente e ganha pelo corpo frio. Essa grandeza tem a característica de ser conservada. Estamos nos referindo à grandeza conhecida como calor, cuja origem já foi objeto de intenso debate entre diversos cientistas.

Antoine Laurent Lavoisier foi responsável por introduzir o termo "calórico", uma substância fluida hipotética que ele postulava preencher os corpos materiais e ser responsável pelo aquecimento e resfriamento dos mesmos. Devido ao prestígio de Lavoisier na comunidade científica, seu modelo do calórico foi amplamente aceito por um período de tempo, embora nunca tenha sido unanimidade entre seus pares científicos. No entanto, ao longo do tempo, cientistas como Benjamin Thompson, James Joule, Hermann von Helmholtz, Lord Kelvin e Rudolf Clausius conduziram estudos e pesquisas que levaram ao desenvolvimento de uma teoria mais completa

sobre o calor. Essa teoria, baseada em experimentos e evidências empíricas, é o modelo aceito na física moderna.

Dentro da Teoria Termodinâmica clássica, o calor é compreendido como a energia térmica que é transferida de um sistema para outro. Essa energia é responsável por aquecer o sistema quando absorvida e, conseqüentemente, por resfriá-lo quando perdida. A primeira Lei da Termodinâmica fornece uma formulação completa sobre o calor:

Equação 2 - Formulação infinitesimal da 1ª lei da termodinâmica

$$dU + \delta W = \delta Q$$

A equação 2, denominada primeira lei da termodinâmica, estabelece uma relação direta e fundamental entre três grandezas mensuráveis em um sistema termodinâmico: a energia interna, o trabalho realizado e o calor trocado. O conceito subjacente a essa equação é a conservação de energia, um princípio já bem estabelecido pela Mecânica Clássica. De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, o calor trocado por um sistema sempre se manifestará de duas maneiras possíveis: ele será absorvido, aumentando a energia interna do sistema e, conseqüentemente, sua temperatura; ou será utilizado para realizar trabalho. Em resumo, compreender a primeira lei da termodinâmica é reconhecer que o calor trocado por um sistema termodinâmico tem impacto direto na sua energia interna e na realização de trabalho, ou seja, se trata de um processo de conservação de energia. Com o advento do modelo atômico, passamos a interpretar o calor, a nível microscópico, como a transferência de energia cinética das partículas de um corpo quente para um corpo frio, gerando um saldo de troca de energia que é mensurado a nível macroscópico como calor.

5.4 - Processos de propagação de calor

Dentro do modelo termodinâmico, é essencial descrever os três processos pelos quais o calor pode ser transferido entre sistemas: condução, convecção e radiação. A *condução* é um processo no qual a energia térmica é transferida de um

meio material para outro sem que haja movimento do próprio material. Esse processo permite classificar os materiais como condutores ou isolantes, dependendo de como respondem a um gradiente de temperatura e ao fluxo de calor dentro do meio. Essa distinção é fundamentada na Lei de Fourier, que estabelece uma relação direta entre a taxa de transferência de calor e o gradiente de temperatura em um material.

Equação 3 - Lei de Fourier

$$\phi = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

A Lei de Fourier descreve como o calor se propaga através de um meio material. Essa lei estabelece que o fluxo de calor (ϕ) através de um material é diretamente proporcional ao gradiente de temperatura no material ($\frac{\delta T}{\delta x}$), a área pelo qual esse calor flui (A) e à sua condutividade térmica (k). Em termos mais simples, isso significa que quanto maior for a diferença de temperatura entre duas regiões de um material e maior for sua condutividade térmica, mais rápido o calor será transferido entre elas.

O processo de *convecção* é caracterizado pelo movimento do próprio material em que o calor se propaga, comumente observado em fluidos, sejam líquidos ou gases. Esse fenômeno ocorre devido a processos de dilatação térmica e à gravidade local, resultando na formação de correntes de convecção. Em um fluido aquecido, as partículas tendem a se expandir e ocupar áreas mais altas, enquanto o fluido mais frio desce para regiões mais baixas, estabelecendo um movimento contínuo enquanto houver uma diferença de temperatura. Esse padrão de circulação ocorre de forma espontânea em fluidos sujeitos a gradientes de temperatura e ao campo gravitacional da Terra. A convecção desempenha um papel significativo em uma variedade de fenômenos naturais e processos industriais, como a circulação atmosférica, as correntes oceânicas e sistemas de aquecimento e refrigeração, destacando sua importância em diversas aplicações práticas.

É uma constatação simples afirmar que o Sol emite uma quantidade significativa de energia que viaja através do espaço até alcançar o nosso planeta Terra, superando a vasta distância entre os dois corpos celestes. Essa forma de energia, conhecida como *radiação* eletromagnética, é essencial para a vida na Terra

e desempenha um papel fundamental em uma variedade de processos naturais. Como destacado por Halliday (2016):

Todos os objetos emitem tais radiações eletromagnéticas, simplesmente porque sua temperatura está acima do zero absoluto, e todos os objetos absorvem um pouco da radiação que chega até eles, emitida por outros objetos. A temperatura média do nosso planeta, por exemplo, permanece próxima aos 300K porque a essa temperatura, a Terra irradia energia para o espaço à mesma taxa em que recebe energia do Sol. Se a temperatura da Terra - por algum milagre- mudasse repentinamente para 280K ou 320K, ela rapidamente se aqueceria ou se resfriaria até retornar a 300K, restabelecendo seu delicado equilíbrio térmico.

A presença e o impacto da radiação eletromagnética em uma infinidade de fenômenos naturais e tecnológicos destacam sua importância como um modelo termodinâmico essencial. Desde os processos biológicos que regem a vida em nosso planeta até os complexos sistemas climáticos, como as correntes marítimas e os padrões atmosféricos, a radiação eletromagnética influencia e molda uma variedade de sistemas terrestres. Além disso, a crescente dependência da humanidade em fontes de energia renovável, como a solar, destaca ainda mais a relevância da radiação eletromagnética na produção de energia e no funcionamento de dispositivos eletrônicos. Mesmo em escalas mais pequenas e cotidianas, como a transmissão de informações por meio de comunicação telefônica ou via satélite, ou até mesmo a seleção de roupas com base na sensação térmica desejada, a radiação eletromagnética continua a desempenhar um papel crucial, demonstrando sua versatilidade e aplicabilidade em uma ampla gama de contextos termodinâmicos.

5.5 - Escalas termométricas

Durante o século 18, o cientista sueco Anders Celsius (1701-1744) propôs uma versão inicial do termômetro baseada nos pontos de ebulição e fusão da água. Nessa escala, o ponto de ebulição da água foi estabelecido como 0 graus, enquanto o ponto de fusão foi definido como 100 graus. Essa escolha resultou em uma escala centígrada, nomeada assim devido aos 100 graus entre seus pontos de referência padrão. No entanto, ao longo da história da ciência, essa definição foi revisada e os valores foram invertidos para refletir a convenção atual. Posteriormente, a escala foi

renomeada em homenagem a *Celsius*, tornando-se a medida de temperatura comumente utilizada em todo o mundo. Mais recentemente, em 2005, a escala Celsius foi redefinida pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas em termos da escala Kelvin, que é a unidade de temperatura do Sistema Internacional de Unidades (SI) e é amplamente utilizada no contexto científico.

William Thomson (1824 - 1907), mais conhecido como Lorde Kelvin, propôs uma abordagem revolucionária para definir a temperatura como uma quantidade física fundamental da natureza. Ao invés de basear a temperatura em propriedades específicas de materiais, ele buscou uma característica intrínseca do universo. Para isso, utilizou o termômetro a gás de volume constante, que opera com base na lei dos gases ideais, onde a pressão de um gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta, mantendo o volume constante. Observando que a pressão do gás variou diretamente com a temperatura quando o volume era mantido fixo, Kelvin determinou experimentalmente a pressão do gás em seu termômetro em diferentes temperaturas. Extrapolando esses valores, ele identificou um ponto onde a pressão do gás seria zero, que ficou conhecido como zero absoluto, representando um estado de "frio infinito". Em seguida, Kelvin definiu uma escala de temperatura, chamada escala Kelvin, onde zero absoluto foi estabelecido como 0 K (zero Kelvin). Ele escolheu a unidade de temperatura de forma a manter a mesma diferença entre os pontos de ebulição e fusão da água que na escala Celsius, fornecendo uma base coerente para a medição da temperatura em termos absolutos. Assim, ambas escalas são relacionadas através de uma simples relação:

Equação 4 - Conversão entre escalas Celsius e Kelvin

$$T_K = T_C + 273$$

Na ciência, avanços experimentais e metodológicos frequentemente levam a revisões nos valores e pontos de referência das constantes adotadas. Um exemplo disso é o valor atribuído ao zero absoluto na escala de temperatura Kelvin, que é uma medida fundamental na termodinâmica. No modelo termodinâmico mais atualizado, o valor para o zero absoluto foi redefinido como 0 Kelvin, o que equivale a -273,15 graus Celsius.

5.6 - Calor sensível e calor latente

No contexto da física, é observado que diferentes substâncias possuem distintas capacidades de esquentar ao absorver calor. Essa característica é formalmente denominada *capacidade térmica* (C) e representa a quantidade de *calor* necessária (ΔQ) para elevar a temperatura de uma determinada quantidade de material em uma unidade específica. Em termos matemáticos,

Equação 5 - Calor sensível em termos de Capacidade Térmica

$$\Delta Q = C\Delta T$$

onde ΔT representa a *variação entre a temperatura inicial e final do corpo*. Ao considerar dois objetos feitos do mesmo material, é perceptível que eles podem exibir diferentes variações de temperatura mesmo quando submetidos à mesma quantidade de calor caso possuam massas diferentes. Para contornar essa discrepância e fornecer uma descrição mais precisa da capacidade de um material de absorver calor, introduzimos uma grandeza conhecida como *calor específico*. O *calor específico* (c) de uma substância é definido como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa do material em uma unidade específica de temperatura. Essa medida permite uma comparação mais justa entre diferentes materiais,

Equação 6 - Calor sensível em termos de calor específico

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

O calor específico das substâncias não é uma constante fixa, mas sim uma propriedade que pode variar de acordo com as condições em que o material está submetido. No entanto, esses valores podem ser tabelados e encontrados em diversas fontes, fornecendo uma base sólida para modelar o comportamento térmico desses materiais. A Tabela 1 apresenta uma seleção de valores de calor específico para alguns materiais comumente encontrados. Esses valores são essenciais para entender como diferentes substâncias respondem à transferência de calor e para

calcular a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma determinada quantidade de material.

Tabela 1 - Valores de calor específico de materiais selecionados

Substância	Água a 20°C	Água a 90°C	Ar	Ferro	Latão	Ouro
c (cal/g°C)	1,000	1,005	0,240	0,110	0,092	0,032

Fonte: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 2: Física Térmica/Óptica/GREF - Editora da Universidade de São Paulo - EdUSP

Quando um corpo passa por uma mudança de fase, seja da fase sólida para líquida (fusão) ou da fase líquida para gasosa (vaporização), essa transição ocorre mediante a absorção ou liberação de calor. A quantidade de calor necessária para completar essa transição de fase é medida e relacionada a uma constante chamada *calor latente* (L). Esta constante varia dependendo do processo de mudança de fase em questão, e é representada por valores distintos para a vaporização, denominado calor latente de vaporização (L_V), e para a fusão, denominado calor latente de fusão (L_F). Esses valores de calor latente são fundamentais para entender como as substâncias mudam de fase e para calcular a quantidade de calor envolvida em cada etapa desse processo.

Equação 7 - Calor latente

$$\Delta Q = mL$$

A tabela 2 relaciona alguns valores de L_V e L_F para alguns materiais selecionados.

Tabela 2 - Valores de calor latente de materiais selecionados

Substância	Hidrogênio	Oxigênio	Água	Chumbo	Prata	Cobre
L_V e L_F (J/g)	455 e 58	213 e 13,9	2,256 e 333	858 e 23,2	2,33 e 105	4,73 e 207

Fonte: Halliday 2016 pg 186

É importante reconhecer que a teoria termodinâmica abrange uma vasta gama de aspectos, facetas, conteúdos, leis e princípios que não foram abordados neste capítulo. Como mencionado anteriormente, não temos a pretensão de ser abrangentes, mas sim de fornecer um arcabouço do modelo termodinâmico que

possa servir como guia para o leitor ao ensinar essa teoria aos alunos do 7º ano do Ensino Fundamental.

6 - METODOLOGIA

Este capítulo é destinado a uma análise detalhada do método de pesquisa adotado, oferecendo uma visão abrangente da realidade pedagógica na qual nosso trabalho foi contextualizado. Iniciaremos delineando o ambiente pedagógico no qual a pesquisa foi conduzida, destacando os principais aspectos encontrados e as limitações enfrentadas ao longo do processo de concepção da nossa sequência. Em seguida, exploraremos os recursos pedagógicos selecionados e discorreremos sobre suas intenções e aplicações práticas durante a execução do estudo. Por último, aprofundaremos as escolhas metodológicas que fundamentaram nossa abordagem de pesquisa, examinando suas implicações e contribuições para a nossa investigação educacional.

6.1 - Contexto Escolar

A sequência didática foi aplicada em oito turmas, sendo seis turmas no período matutino e duas no período vespertino, compostas, em média, por 30 a 35 alunos cada uma, todos no 7º ano do Ensino Fundamental. Todas as turmas pertencem a uma escola particular localizada no Distrito Federal, que atende famílias com renda compatível à classe A, de acordo com o Critério Brasil (ABEP, 2024). Esta escola possui três unidades distribuídas pelo Distrito Federal, sendo que este estudo abrangeu duas dessas unidades, com quatro turmas em cada uma. Ao todo, a sequência didática foi aplicada a 243 alunos, com idades entre 11 e 13 anos, em média.

Por ser parte de um Grupo Educacional de alcance nacional, a implementação do produto educacional deste projeto precisou passar por várias etapas de revisão e aprovação dentro da estrutura organizacional da instituição. Os principais critérios para a aprovação do produto incluíam: a incorporação de práticas experimentais, a possibilidade de ser aplicado por outros professores em diferentes unidades, a obrigatoriedade do produto ser aplicado em todas as turmas de todas as franquias da escola, o uso de materiais acessíveis para não comprometer o orçamento anual do colégio e a conclusão com a apresentação de um trabalho que pudesse ser registrado e compartilhado com a comunidade escolar. Além disso, o tema da sequência educacional também foi determinado pela escola devido ao

cronograma inflexível que precisava ser seguido, limitando as opções disponíveis e levando à escolha da Termodinâmica como tema central, tema este já explorado previamente em sala de aula pelo docente aplicado da sequência didática, através de aulas expositivas, o que conferiu ao nosso produto um caráter de aplicação e revisão dos conhecimentos já estudados pelos alunos.

Além disso, o ano de 2023 marcou a estreia da disciplina de Física na grade curricular dos estudantes do 7º ano do colégio. Anteriormente, os conteúdos de Termodinâmica e Mecânica eram ministrados por professores com formação em licenciatura em Biologia ou Ciências Naturais. A introdução da disciplina de Física gerou certa apreensão na estrutura administrativa da instituição, pois implicava a necessidade de estabelecer protocolos e procedimentos para o planejamento pedagógico anual, algo que até então não havia sido delineado.

Com o intuito de adequar a proposta pedagógica à capacidade e maturidade matemática dos estudantes do 7º ano, foi realizado um levantamento junto aos professores responsáveis pela disciplina de Matemática. Verificou-se que os alunos ainda não haviam sido introduzidos a conceitos e operações matemáticas que são frequentemente utilizados nas aulas tradicionais de Física, tais como números negativos, ângulos, equações, e até mesmo potências e raízes. Portanto, o ensino do conteúdo proposto precisou considerar essas lacunas de conhecimento dos alunos, a fim de evitar frustrações e limitações, ao mesmo tempo em que buscava estabelecer uma base sólida para a obtenção do sucesso dos objetivos delineados neste trabalho.

6.2 - Metodologia do produto educacional

Na implementação do produto educacional, foi crucial adaptar a sequência didática ao calendário escolar. Portanto, foram destinadas 5 semanas de aulas para a execução da sequência didática, com cada semana compreendendo 2 horas-aula de 50 minutos em cada turma, totalizando 10 aulas. No entanto, devido à grade horária do ano em questão, as aulas não eram consecutivas, havendo sempre uma interrupção entre uma aula e outra. O docente responsável pela aplicação do produto educacional ministrava aulas para oito turmas de 7º ano, sendo duas no turno vespertino e seis no turno matutino.

Visando a otimização do tempo de sala de aula, bem como a adequada exposição e elucidação das aulas subseqüentes, as 10 aulas destinadas a este produto foram delineadas de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 - Sequência didática elaborada

Aula nº	Finalidade
1	Apresentação da seqüência
2	Resposta ao Teste A e “tira-dúvidas”
3	Proposta de solução à situação-problema
4	Execução da solução da aula 3
5	Proposta de solução à situação-problema
6	Execução da solução da aula 5
7	Proposta de solução à situação-problema
8	Execução da solução da aula 7
9	Apresentação e debate das soluções executadas Respostas ao Teste B
10	Apresentação e debate das soluções executadas Respostas ao Teste B

Fonte: autoria própria

Cada turma possuía de 30 a 35 alunos, com exceção de uma turma vespertina que tinha 22 estudantes. Assim, decidimos dividir todas as turmas em 6 grupos de 5 a 6 componentes, ou 4 grupos com a mesma quantidade, dependendo da realidade daquela turma. Assim, nossa divisão delineada pela tabela 3 possibilitou que cada grupo tivesse contato com 5 das 6 situações-problemas que foram elaboradas para a seqüência didática, expostas no apêndice A deste trabalho.

Como parte essencial da estratégia de *scaffolding* adotada e seguindo os critérios estabelecidos por Applebee (1983) mencionados em capítulo prévio, os grupos não foram formados por escolha dos estudantes, mas sim organizados pelo docente com base no desempenho dos alunos no Teste A, que será abordado mais à frente. Essa abordagem é fundamentada em nossa metodologia, pois permite que os alunos mais proficientes no conteúdo sirvam como mentores para aqueles que

ainda não dominam completamente as situações propostas. Além de facilitar a colaboração intragrupo, essa escolha visa separar os alunos com afinidade social, aumentando assim a probabilidade de que eles busquem ajuda entre seus colegas de outros grupos para enfrentar os desafios propostos. Fizemos a seleção dos grupos tomando como referência a performance dos estudantes no questionário denominado Teste A com a intencionalidade de garantir em todos os grupos uma homogeneidade a respeito dos domínios do conteúdo a ser trabalhado.

Como critério da seleção dos grupos, muito além de uma simples aferição de retenção de conhecimento, foi aplicado um teste composto por 6 perguntas de múltipla escolha, elaborado pelo autor e referido neste trabalho como Teste A, que se encontra como Apêndice B deste trabalho. Este questionário foi disponibilizado por meio da plataforma *Google Forms* e sua estrutura está detalhada no Apêndice B. O objetivo desse formulário é identificar alunos que tiveram maior retenção, através das aulas expositivas, do tema escolar a ser abordado (neste caso, termodinâmica básica, adequada ao nível de aprendizado do 7º ano do Ensino Fundamental) e utilizá-los como referência em seus grupos, com a expectativa de que desempenhem o papel de "mini-tutores" para suas equipes de trabalho. Nossa intenção ao adotar essa abordagem é estabelecer uma estrutura de suporte dentro de cada grupo, permitindo o acesso de todos os membros ao conhecimento necessário para a resolução da situação-problema.

Para iniciar as aulas 3 e 4 da sequência didática, cada grupo recebeu uma "ficha-guia" contendo questionamentos essenciais para promover um debate significativo e facilitar o registro apropriado da solução experimental desenvolvida pelo grupo. Essa ficha, elaborada pelo docente, está disponível no Apêndice D. O uso desta ficha foi restrito às aulas 3 a 6, enquanto nas aulas 7 e 8, os alunos foram desafiados a elaborar o planejamento da solução experimental sem o auxílio da ficha-guia. Essa dinâmica é coerente com nossa abordagem, pois representa um aumento gradual na dificuldade da experiência dos estudantes, incentivando assim o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas de forma autônoma.

Nos encontros de planejamento dos experimentos (3, 5 e 7), os alunos foram apresentados a uma variedade de itens, dos quais deveriam selecionar aqueles que poderiam ou não ser úteis para a realização do experimento. O objetivo desta etapa era promover não apenas o debate entre os alunos sobre como executar os procedimentos experimentais, mas também expô-los à realidade do contexto

científico, que envolve a diversidade de abordagens possíveis para a solução de um mesmo problema. Portanto, a lista de materiais disponíveis para os alunos era extensa e bastante diversificada. O objetivo era causar uma certa "confusão", pois isso deveria estimular a reflexão e a criatividade dos alunos na seleção dos materiais mais adequados. Tal abordagem encontra apoio em nossa proposta, pois a seleção adequada dos materiais a serem utilizados serve de indicador daquilo que os alunos são capazes de discernir e executar sem auxílio externo, ou seja, nos direciona a um esboço de sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Durante os encontros de execução das soluções ,4, 6 e 8, os alunos foram incumbidos de reunir os materiais previamente selecionados na aula anterior e implementar a solução proposta. Após a realização do experimento, utilizando a ficha preenchida pelo grupo anterior, os alunos deveriam avaliar a eficácia da proposta, discutir seus êxitos e fracassos, e conjecturar sobre possíveis soluções alternativas.

As últimas duas aulas da sequência, 9 e 10, foram reservadas para uma breve exposição dos grupos sobre as situações-problema abordadas nas aulas 4, 6 e 8. Após as apresentações, ou simultaneamente dependendo da ponderação a ser feita, o docente conduziu a turma por debates e reflexões sobre o conteúdo exposto pelos grupos. O propósito deste momento pedagógico foi concluir o conhecimento utilizado nos trabalhos realizados, refletir sobre os temas termodinâmicos abordados nas situações, compreender a construção do conhecimento científico e valorizar a importância do trabalho coletivo nesse processo. Os grupos foram reforçados pelo docente, em várias ocasiões, de que o desempenho ou sucesso em cada situação-problema não seria o foco das apresentações, mas sim os alunos serem capazes de promoverem e participarem de um debate satisfatório sobre os temas e conhecimentos explorados.

Posterior à apresentação, os estudantes foram convidados a responderem novo formulário similar ao Teste A. Este questionário final consistia de 6 perguntas sobre termodinâmica similares às perguntas do pré-teste. Com estes formulários, esperávamos perceber tanto um aumento nas respostas corretas a respeito do conhecimento termodinâmico, bem como um aumento nas percepções positivas sobre Física tanto no contexto escolar quanto no dia-a-dia dos estudantes.

Por fim, determinamos que os principais objetivos pedagógicos deste produto educacional estão balizados em nossos objetivos principais e secundários

delineados nas sessões iniciais deste trabalho. Assim, temos como finalidade deste produto educacional constatar que nossos alunos:

- Consigam diferenciar os conceitos de temperatura e calor.
- Saibam classificar diferentes corpos como condutores ou isolantes térmicos a partir de situações reais.
- Entendam os processos de propagação de calor denominados condução, convecção e radiação.
- Desenvolvam perspectiva onde as atividades de investigação científica se dão como processos coletivos.
- Assimilem a importância do planejamento adequado que precede uma tarefa experimental.
- Encarem os possíveis fracassos de suas tarefas não como falhas pessoais mas como oportunidades de aprendizado.

6.2.1 - Lista de materiais

Após a definição das seis situações-problema que seriam utilizadas como base para a sequência, estabelecemos soluções que serviriam como referência para os docentes aplicadores do produto educacional. Essas soluções foram concebidas como guias para garantir que todas as situações-problemas possuísem uma resolução dentro do escopo do trabalho, evitando frustrações entre os estudantes e proporcionando orientação caso o professor percebesse que as equipes não estavam alcançando resultados satisfatórios. Essa fase foi fundamental para realizar uma seleção adequada dos materiais que seriam disponibilizados aos alunos, permitindo que propusessem suas próprias soluções. Listamos os materiais selecionados, em ordem alfabética:

Abajur

Álcool 70º

Assadeira de alumínio

Balança de cozinha

Balões (pretos, brancos e coloridos)

Bicarbonato de sódio

3 Canecas térmicas de qualidades distintas

Canudos

Carne Congelada

Chaleira elétrica

Copo medidor de volume

Corantes comestíveis

Cubos de gelo

Durepox

Fósforo

Garrafas PET de 600mL	Meias (pretas, brancas e cinzas)	Tábua de madeira
<i>Lâmpada halógena</i>	<i>Pincel</i>	<i>Tábua de plástico</i>
Lâmpada LED	5 Potes plásticos de tamanhos diversos	Tábua supercondutora
<i>Ligas elásticas de látex</i>	<i>Sacolas plásticas</i>	<i>Termômetro de cozinha</i>
Luvras de látex	Sassami de frango congelado	Tinta preta
<i>Massinha de modelar (colorida e sem cor)</i>	<i>Secador de cabelo</i>	<i>Tinta branca</i>
		Vinagre.

Os materiais listados anteriormente foram adequados para pelo menos uma solução, pré-estabelecida pelo docente, para cada situação-problema. No entanto, outros materiais correlatos e alguns distratores adicionais estavam igualmente disponíveis. Isso foi intencional para estimular tanto o debate entre os alunos sobre a viabilidade das soluções quanto para permitir o surgimento de novas abordagens de resolução.

6.2.2 - Teste A e Teste B

Elaboramos dois formulários, cada um com seis perguntas contendo quatro opções de resposta de múltipla escolha. Esses testes foram concebidos com duas finalidades principais: primeiro, para auxiliar na seleção dos grupos de trabalho e, em segundo lugar, para avaliar o nível de aprendizado dos alunos após a sequência didática. Cada pergunta visava avaliar a compreensão dos conceitos de calor, temperatura, equilíbrio térmico, e condutores/isolantes térmicos. Para cada pergunta, havia uma resposta correta, duas opções com erros conceituais comuns e esperados para o 7º ano do ensino fundamental, e uma alternativa claramente equivocada. A estrutura completa dos testes A e B encontra-se nos Apêndices B e C.

Com base no desempenho de cada aluno, foi possível formar as equipes de trabalho, seguindo a abordagem previamente explicada. As equipes não foram constituídas com base na afinidade interpessoal dos alunos, portanto não foram escolhidas por eles. Após a conclusão da sequência didática, os alunos foram submetidos a um novo teste, no qual as perguntas abordavam os mesmos

conhecimentos, mas foram formuladas de maneira distinta. Isso foi feito para evitar que os alunos simplesmente decorassem ou se lembrassem das respostas exatas das questões. Esperava-se poder observar uma melhoria na quantidade de respostas corretas em comparação com o teste realizado no início da sequência.

6.3 - Apresentação final

Para atender às exigências institucionais da escola onde a sequência didática seria aplicada, adicionamos à conclusão de nosso planejamento dois encontros específicos. Nessas ocasiões, as equipes de estudantes seriam encarregadas de relatar à turma sua experiência durante as aulas 4, 6 e 8. Além de compartilhar suas experiências, os alunos seriam convidados a discutir os sucessos ou fracassos encontrados, a explorar os conceitos termodinâmicos subjacentes a cada situação-problema, a propor outras possíveis soluções e a comentar sobre as principais dificuldades enfrentadas durante as semanas seguintes.

Acreditamos que a inclusão deste momento de exposição e debate com toda a turma foi extremamente benéfica, pois muitas das nossas intenções iniciais neste projeto poderiam passar despercebidas pelos alunos, dada sua imersão no aspecto mais experimental da proposta pedagógica. Assim, pudemos incorporar em nosso projeto um momento de reflexão sobre as etapas prévias do projeto, visando instigar a alfabetização científica em nossos alunos.

6.4 - Relato do docente

Este recurso se justifica dentro de nossa proposta, pois o professor atua como tutor regular das turmas e mantém um convívio rotineiro com os alunos ao longo do ano letivo. Dessa forma, além de conhecer o perfil dos estudantes, o docente pôde avaliar a efetividade da aplicação do produto com base em sua experiência prática e não apenas por meio de observações frias e numéricas. Consideramos importante destacar que nossa proposta didática é direcionada a alunos com idades entre 11 e 13 anos, período que marca o fim da infância e o início da adolescência. Concordamos, ainda, com Furman (2009) quando a autora pontua que:

“Ensinar Ciências Naturais no Ensino Fundamental nos coloca em um lugar de privilégio, porém, de muita responsabilidade. Temos o papel de orientar nossos alunos para o conhecimento desse mundo novo que se abre diante deles quando começam a se fazer perguntas e a olhar além do evidente. Será nossa tarefa aproveitar a curiosidade que todos os alunos trazem para a escola como plataforma sobre a qual estabelecer as bases do pensamento científico e desenvolver o prazer por continuar aprendendo.”

Assim, partimos da visão de que é fundamental evitar que os alunos desenvolvam sentimentos de inadequação, desinteresse ou aversão em relação ao aprendizado de Física. Consideramos que a fase de desenvolvimento cognitivo e acadêmico em que se encontram é crucial nas fases educacionais posteriores e sua relação com a disciplina. Por isso, atividades envolventes, que estabeleçam uma conexão emocional com os alunos, são essenciais para promover uma atitude positiva em relação ao conhecimento científico. Dentro dessa perspectiva, concordamos com Moreira (2003) sobre a importância da pesquisa educacional com um caráter interpretativo, conforme definido por Erickson (1986). Esse tipo de abordagem visa analisar e interpretar a microcultura presente dentro da sala de aula, assim como os significados sociais - e, portanto, também os científicos - são adquiridos, desenvolvidos e compartilhados pelos participantes dessa dinâmica. Ainda segundo Moreira (2003):

“O investigador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, registrando eventos -- talvez através de audiotapes ou de videotapes -- coletando documentos tais como trabalhos de alunos, materiais distribuídos pelo professor, ocupa-se não de uma amostra no sentido quantitativo, mas de grupos ou indivíduos em particular, de casos específicos, procurando escrutinar exaustivamente determinada instância tentando descobrir o que há de único nela e o que pode ser generalizado a situações similares.”

Portanto, consideramos essa abordagem como valiosa para nossa pesquisa, uma vez que está alinhada com nosso panorama socioconstrutivista e com os objetivos que delineamos.

7 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

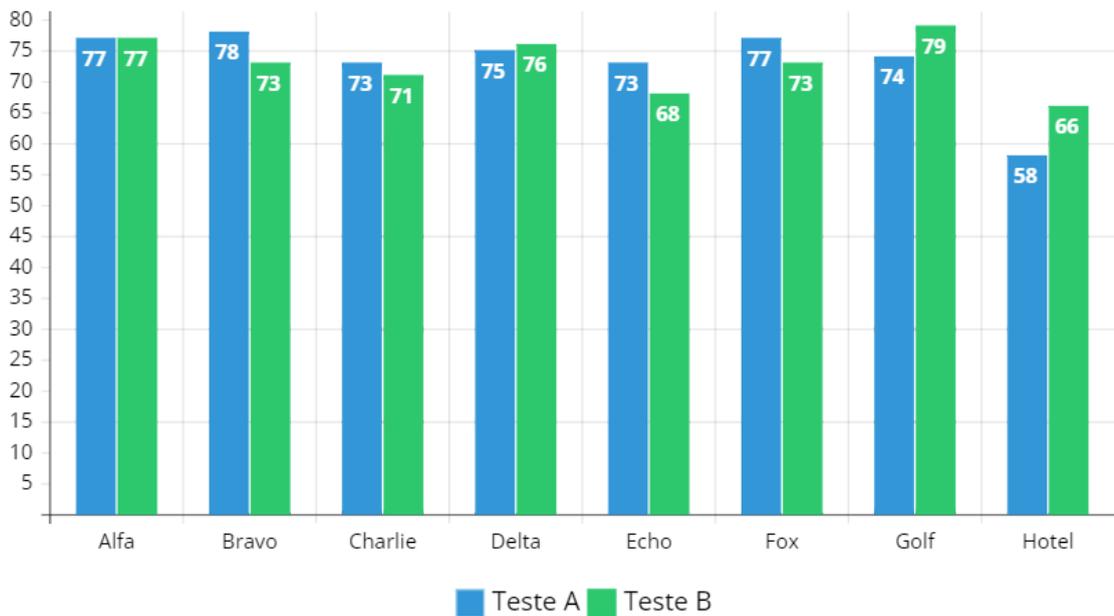
Dedicamos este capítulo a expor e analisar nossas observações sobre a aplicação do produto educacional elaborado. Serão apresentados os resultados obtidos por meio de pré-teste e pós-teste (referenciados como Teste A e Teste B, respectivamente), além dos trabalhos finais apresentados pelos grupos de alunos e as considerações do professor aplicador sobre o que foi observado nas dinâmicas estabelecidas.

7.1 - Testes sobre termodinâmica

Expandindo a nomenclatura estabelecida anteriormente, utilizaremos a classificação das oito turmas como ALFA a HOTEL, de acordo com o alfabeto fonético. Para a identificação de alguns alunos, utilizaremos a letra de sua turma seguida de um número, associado de maneira aleatória. Para auxiliar na atribuição de escores das respostas dos estudantes, concebemos um sistema de pontos baseado nas respostas às questões de múltipla-escolha. Cada questão possui 4 respostas possíveis. Atribuímos uma pontuação para cada tipo de resposta, variando de 0 a 2 pontos. Serão atribuídos 0 pontos para uma resposta totalmente errada, 2 pontos para uma resposta correta e 1 ponto para uma resposta que contenha um erro conceitual comum sobre o tema. Esse sistema será utilizado tanto no teste A quanto no teste B.

Como resultado desse sistema de pontuação, os alunos poderiam obter escores que variam de 0 a 12 pontos. No entanto, as tabelas utilizadas neste trabalho foram redimensionadas para escores entre 0 e 100, com as notas sendo truncadas. Essa decisão foi tomada para tornar a discussão mais intuitiva e para proporcionar uma melhor compreensão das possíveis flutuações nos resultados.

Gráfico 1 - Desempenho comparativo das turmas nos Testes A e B



Fonte: autoria própria

É observável pelo gráfico 1 que não houve uma melhora substancial nas pontuações médias ao analisar as turmas de maneira global. Quatro turmas apresentaram desempenho inferior no Teste B, enquanto três obtiveram resultados melhores e uma não registrou mudança. Contudo, consideramos que uma variação de 5% no desempenho não é significativa. A análise simples do gráfico 1 nos leva a concluir que apenas a turma HOTEL demonstrou algum tipo de efeito considerável com a sequência didática. Essa constatação é notável, pois a turma HOTEL foi reconhecida, tanto por este estudo quanto por outros professores da mesma escola, como uma turma de baixo desempenho em testes e avaliações formais da rotina escolar, além de um alto nível de entusiasmo, que por vezes se torna um estorvo ao ambiente de sala de aula. Embora essa caracterização tenha sido bem refletida no desempenho do Teste A, o destaque positivo observado no Teste B pode ser indicativo de um maior engajamento dos alunos nessa abordagem educacional mais voltada à prática e à experimentação.

Dentro do escopo teórico escolhido para nossa pesquisa, especificamente o socioconstrutivismo de Vygotsky, encontramos uma ferramenta valiosa para analisar este resultado. Podemos conjecturar que a turma HOTEL, caracterizada por uma baixa concentração em aulas expositivas, apresenta um melhor desempenho em atividades mais práticas. Assim, compreendemos que esses alunos não conseguem

acessar plenamente a Zona de Desenvolvimento Proximal através de lições teóricas tradicionais. No entanto, observamos um bom desenvolvimento pedagógico quando utilizamos uma sequência didática que permite a atuação direta com o objeto de estudo e promove maior independência acadêmica em suas atividades. Esse panorama se mostrou satisfatório e nos forneceu embasamento profissional para aumentar a adesão de turmas com esse perfil comportamental, adaptando nossas metodologias de ensino para melhor alinhar as necessidades desses alunos com nossos objetivos pedagógicos.

Consideramos importante pontuar que a teoria da aprendizagem de Vygotsky, em seu caráter de construção cognitiva histórico-social do indivíduo, delega ao processo de interação entre os sujeitos um papel primordial para o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e faculdades mentais superiores. Dessa forma, o modelo tradicional de pré-teste e pós-teste apresenta limitações como ferramenta de mensuração pedagógica, o que é corroborado pelos nossos resultados. Na perspectiva de Lev Vygotsky, a aprendizagem não se resume a respostas específicas de testes com respostas previamente programadas.

Para além dessa análise global, optamos por examinar as performances individuais de 5 alunos que apresentaram os piores desempenhos no Teste A, bem como 5 daqueles que se destacaram. A intenção por trás dessa investigação é especular se o resultado pode ser atribuído à falta de interesse em responder ao questionário por parte dos alunos, conforme observado pelo docente, ao término de todas as atividades. O professor observou que o tempo de conclusão do Teste B era perceptivelmente mais curto, em média, do que o tempo de conclusão para o Teste A.

Tabela 4 - Comparação selecionada de 10 estudantes em cada turma

ALFA		BRAVO		CHARLIE		DELTA	
A02	08 - 08	B01	11 - 11	C04	05 - 10	D01	11 - 11
A03	11 - 12	B03	06 - 10	C07	11 - 04	D03	07 - 05
A04	11 - 11	B04	05 - 08	C08	10 - 10	D06	11 - 10
A05	05 - 08	B09	09 - 08	C10	06 - 07	D09	08 - 11
A10	07 - 07	B10	10 - 10	C16	07 - 09	D15	06 - 09
A11	11 - 11	B12	11 - 10	C22	11 - 10	D20	11 - 08
A13	11 - 10	B15	08 - 08	C23	11 - 10	D24	07 - 10
A18	08 - 10	B21	07 - 07	C24	08 - 09	D27	11 - 09
A20	08 - 12	B25	11 - 10	C25	07 - 07	D29	06 - 08
A27	11 - 03	B28	11 - 11	C26	11 - 07	D30	11 - 11
ECHO		FOX		GOLF		HOTEL	
E01	03 - 07	F03	06 - 08	G10	05 - 11	H02	10 - 11
E02	08 - 06	F06	12 - 12	G11	08 - 08	H05	04 - 11
E03	10 - 10	F07	12 - 10	G13	08 - 07	H11	05 - 07
E07	06 - 08	F08	11 - 11	G17	07 - 12	H17	05 - 08
E10	09 - 09	F11	06 - 08	G18	08 - 08	H18	04 - 06
E14	08 - 08	F12	06 - 10	G23	11 - 11	H20	08 - 08
E17	03 - 08	F23	07 - 08	G25	11 - 10	H22	11 - 09
E21	09 - 06	F26	12 - 08	G26	12 - 12	H23	09 - 07
E27	10 - 10	F27	05 - 09	G28	10 - 10	H24	08 - 08
E28	09 - 09	F30	11 - 09	G29	11 - 10	H30	05 - 07

Fonte: autoria própria

A tabela 4 servirá de base para a averiguação que conduziremos a seguir, os dados nela apresentados estão de maneira a indicar que, por exemplo, o estudante E07 fez 06 pontos no Teste A e 08 pontos no Teste B. Os dados da tabela 4 fornecem a performance nos Testes A e B, respectivamente, de 10 alunos selecionados em cada turma. O principal critério de seleção consistiu de os alunos terem respondido ambos os testes. Assim, comparamos os escores dos 5 melhores e dos 5 piores desempenhos em cada turma. Além da análise subsequente, observamos que um número considerável de alunos que fizeram o Teste A não realizaram o Teste B. Dos 80 alunos selecionados conforme nossos critérios, 32 não haviam realizado o teste B, embora tenham evidências de que todos tiveram acesso e conhecimento do questionário.

Nossa conjectura é reforçada pelo fato de que foram computadas 203 respostas para o Teste A e 176 para o Teste B, representando uma diminuição de

participação de 13% dos nossos alunos nesta etapa da investigação. Em outra perspectiva, considerando que a sequência didática foi aplicada para 243 alunos, temos um índice de ausência de 16,5% para o Teste A e 27,5% para o Teste B. Além disso, observamos que no Teste A nenhum aluno desobedeceu o comando inicial dos questionários que consistia em fornecer o nome completo, enquanto 15 alunos o desobedeceram no Teste B. Tais constatações fortalecem nossa hipótese de indiferença perante o Teste B por parte dos estudantes.

Destacamos a análise do desempenho dos alunos A27, C07, C26, D20, E21 e F26, os quais apresentaram uma notável diminuição em suas performances nos testes. Por serem alunos de turmas regulares do docente que aplicou o produto educacional, observamos que possuem características de não serem totalmente aplicados em tarefas, embora demonstrem facilidade em aprender conteúdos ensinados em sala de aula. Em contraste, os alunos A20, B03, C04, D15, D09, D24, E01, E17, F27, F12, G10, G17, H05 e H17 se destacam pela perceptível melhora em seus escores. Dentre esses, notadamente A20, B03, C04, D09, D24, F12, G10, G17 e H05 são alunos que sempre enfrentaram enorme dificuldade com as aulas expositivas tradicionais na matéria de Física.

O recorte aplicado nos deixa muito satisfeitos, pois pudemos observar, dentro do grupo de alunos com escores baixos, que a sequência proposta atendeu à intencionalidade de oferecer condições para uma melhor compreensão do conteúdo e dos conceitos termodinâmicos abordados pela metodologia escolhida neste trabalho.

7.2 - Apresentações

Nas aulas 9 e 10 da sequência didática, os grupos de alunos foram convidados a apresentar os trabalhos que realizaram nas aulas 4, 6 e 8, nos quais colocaram em prática os conceitos discutidos anteriormente. Durante essas apresentações, esperava-se que os grupos relatassem tanto as dificuldades quanto os sucessos encontrados em cada situação-problema abordada. Além disso, era esperado que fizessem conjecturas e interpretações sobre suas experiências. Nossa pesquisa nesta etapa consistiu em questionar todos os grupos com as mesmas perguntas:

. Qual das 3 situações-problemas foi a mais fácil, na opinião do grupo?

- . A que vocês atribuem essa facilidade?
- . Os grupos que já haviam trabalhado as situações, foram úteis como

fonte de consulta?

As respostas dos grupos foram registradas no diário do professor e serviram como base de análise para este trabalho. Do total de 46 grupos participantes desta sequência didática, 33 relataram que o experimento da aula 8 foi o mais fácil, 10 relataram que foi o da aula 6, enquanto apenas 3 responderam que foi o experimento da aula 4. As respostas evidenciam uma clara tendência de que, independentemente da situação-problema abordada, há uma maior facilidade em executar os experimentos em que mais alunos podem servir de apoio ou fonte de conhecimento sobre o problema trabalhado. Essa perspectiva está alinhada com o esperado pelo nosso referencial teórico. É importante destacar que não apenas alunos com maior conhecimento prévio do conteúdo podem atuar como estrutura de *scaffolding* para o desenvolvimento cognitivo de outros alunos, mas também aqueles com alguma vivência do experimento já trabalhado em aulas anteriores. Essa constatação está em consonância com a proposta inicial deste trabalho, que visa instigar nos estudantes a compreensão da ciência como uma construção coletiva do conhecimento.

Nossa afirmação se confirma com base nas respostas à segunda pergunta. Dos grupos questionados, 30 atribuíram a facilidade ao fato de terem outros grupos para questionar, 9 atribuíram ao planejamento bem feito do grupo que trabalhou a situação-problema na aula 7, enquanto 7 grupos não souberam precisar um motivo exato para essa facilidade relatada. No entanto, ao serem apresentados a essa possibilidade, concordaram com a hipótese. Quanto à extensão dessa concordância, se foi apenas pura formalidade ou não, foge do escopo investigativo deste trabalho.

Foi consenso entre os grupos a experiência de consultar aqueles que já haviam abordado a mesma situação-problema, a fim de obter um guia consultivo e, conseqüentemente, alcançar maior sucesso nas atividades experimentais. Além disso, 12 grupos destacaram que a consulta a outros grupos foi fundamental para evitar erros que acreditavam que poderiam ter cometido caso não o consultassem.

As imagens 5 e 6 constituem registros fotográficos dos cartazes de apresentação produzidos pelos estudantes para a conclusão do trabalho.

Imagem 5 - Cartazes produzidos pelos estudantes para concluir o trabalho



Imagem 6 - Cartazes produzidos pelos estudantes para concluir o trabalho



Notamos uma considerável discrepância na qualidade da produção entre os diferentes grupos. Atribuímos essa disparidade às diferenças de maturidade dos estudantes membros de cada grupo, algo comum de se observar em turmas do 7º ano do ensino fundamental.

7.3 - Análise interpretativa

Através do auxílio de um diário eletrônico, o docente responsável pela aplicação do programa educacional desenvolvido neste projeto registrou suas observações e comentários sobre as dinâmicas e desenvolvimentos de seus alunos durante as aulas. Tais registros servem de auxílio para interpretarmos a experiência educacional almejada por esta iniciativa. Registramos ser de crucial importância as aulas 1 e 2, onde foram apresentadas as dinâmicas subsequentes aos alunos, bem como a realização do Teste A. A importância do Teste A já foi destacada, pois serviu à divisão dos grupos conforme a proposta de *scaffolding*, mas a exposição das aulas seguintes e suas intencionalidades foi essencial para evitar a perda de tempo

explicando repetidamente o que seria feito a cada semana. Diversos grupos utilizaram todo o período de 50 minutos da hora-aula para poderem debater, planejar ou até mesmo executar suas situações-problema.

Na concepção das aulas 3 e 4, tínhamos como principal intenção familiarizar os estudantes com os processos de debate de ideias, planejamento e também registros escritos para posterior execução. É notável que alunos do 7º ano do ensino fundamental ainda não possuem a maturidade adequada nessas tarefas. Pudemos notar que os estudantes rapidamente internalizaram a importância do adequado registro do planejamento a ser executado. Esse aprendizado se tornou evidente para os alunos ao notarem que o intervalo temporal entre planejamento e execução pode trazer esquecimentos de certos pormenores essenciais para a satisfatória execução do experimento. A importância do preenchimento adequado das fichas-guia ficou ainda mais evidente nas aulas subsequentes, onde foi executado o planejamento realizado por outro grupo.

Durante a execução da sequência didática, observamos que alguns grupos possuíam uma excelente capacidade de resolver os problemas por conta própria, enquanto outros apresentavam dificuldades ou até insegurança para propor as próprias soluções. Devido à proposta da sequência didática, o docente adotou uma postura de orientação dos alunos no processo e os incentivou a explorar soluções que poderiam, a princípio, não parecer ideais ou satisfatórias. Tal abordagem se justifica, pois nos encontros posteriores esses grupos de fato serviram como “mini-tutores” para seus colegas de outros grupos, demonstrando que o delineamento em torno da proposta de *scaffolding* estava funcionando.

Foi observada uma dinâmica inesperada em três turmas durante a resolução do Problema B, em que alguns grupos optaram por utilizar a liberação de gás carbônico através da reação entre vinagre e bicarbonato de sódio. Considerando a imaturidade científica dos estudantes e a disponibilidade desses experimentos na internet (um recurso consultado pelos alunos), o professor responsável pela aplicação do produto educacional permitiu que essa solução fosse testada nessa etapa. Posteriormente, todos os grupos foram convidados a refletir se essa solução envolvia termodinâmica ou não. Todos os grupos concluíram, corretamente, que não envolvia. A justificativa foi unânime: não houve uma mudança perceptível na temperatura na garrafa. Nas semanas seguintes, vinagre e bicarbonato não estavam disponíveis para as turmas. Portanto, os grupos não puderam repetir essa

mesma solução. Essa decisão mostrou-se muito proveitosa, pois 100% dos grupos subsequentes conseguiram elaborar alguma solução que envolvesse a transferência de calor.

A rápida familiarização dos estudantes com a proposta pedagógica tornou as aulas de 5 a 8 bastante similares. De forma igualmente ágil, perceberam que consultar grupos que já haviam abordado o problema os ajudaria a concluir mais rapidamente sua própria tarefa e, assim, ter mais tempo livre. Uma consequência inesperada foi observar alguns alunos mais curiosos auxiliando colegas de outros grupos após concluírem sua própria tarefa. Esse comportamento pode ser motivado pela pura curiosidade intelectual ou pelo desejo de socialização com colegas da mesma classe. De qualquer forma, consideramos essa dinâmica social positiva, pois parte da intencionalidade de nosso produto pedagógico é justamente promover uma maior vivência dos estudantes com situações de investigação científica.

Recebemos diversas contestações por parte dos estudantes em relação à remoção das fichas-guia que seriam feitas nas aulas 7 e 8. Recordamos que esta remoção faz parte da nossa construção de *scaffolding* para obtermos uma Zona de Desenvolvimento Proximal cada vez mais ampla e robusta em nossos estudantes.. Essas indagações foram feitas antes das aulas ocorrerem de fato, o que demonstra que esse ponto gerava ansiedade entre alguns alunos. No entanto, não conseguimos detectar nenhuma dificuldade decorrente desse aumento na dificuldade. Dos 46 grupos, 25 perceberam o problema que isso poderia causar e guardaram as fichas utilizadas nas aulas anteriores para não terem dificuldades nessa etapa. Nenhum grupo deixou de entregar suas folhas de planejamento da solução, mesmo sem terem uma ficha-guia para responder. Isso demonstra, dentro do contexto desta sequência didática, um amadurecimento dos estudantes em relação ao início do processo.

A etapa de conclusão deste processo, nas aulas 9 e 10, consistiu em um breve relato dos grupos sobre as situações-problema abordadas nas aulas 4, 6 e 8. Durante as aulas de número 3 a 8, o docente foi abordado 13 vezes por grupos ou alunos que estavam inseguros ou desconfortáveis com a apresentação, pois seus trabalhos "deram errado". A postura do docente foi sempre de tranquilizar os alunos, destacando que o foco da avaliação era a capacidade de discussão do trabalho realizado, não a qualidade do experimento em si. Desde que os alunos fossem capazes de identificar as possíveis falhas nos experimentos, propor soluções

alternativas e discutir os conceitos físicos subjacentes ao problema, suas avaliações estariam garantidas. Essa abordagem tranquilizadora mostrou-se muito eficaz na resolução de conflitos, e esses mesmos grupos fizeram apresentações que foram consideradas extremamente satisfatórias nas aulas de conclusão.

Para fins de registro, apresentaremos fotografias das experimentações realizadas pelos estudantes para ilustrar suas capacidades e limitações. Observamos uma genuína vontade e determinação dos alunos durante essas atividades. Embora não possamos afirmar um engajamento completo, houve uma participação satisfatória e uma evidente satisfação geral com as atividades propostas. Mesmo quando os resultados não foram os esperados, valorizamos e reconhecemos o esforço demonstrado pelos estudantes.

Imagem 7 - : Solução proposta para a situação-problema D

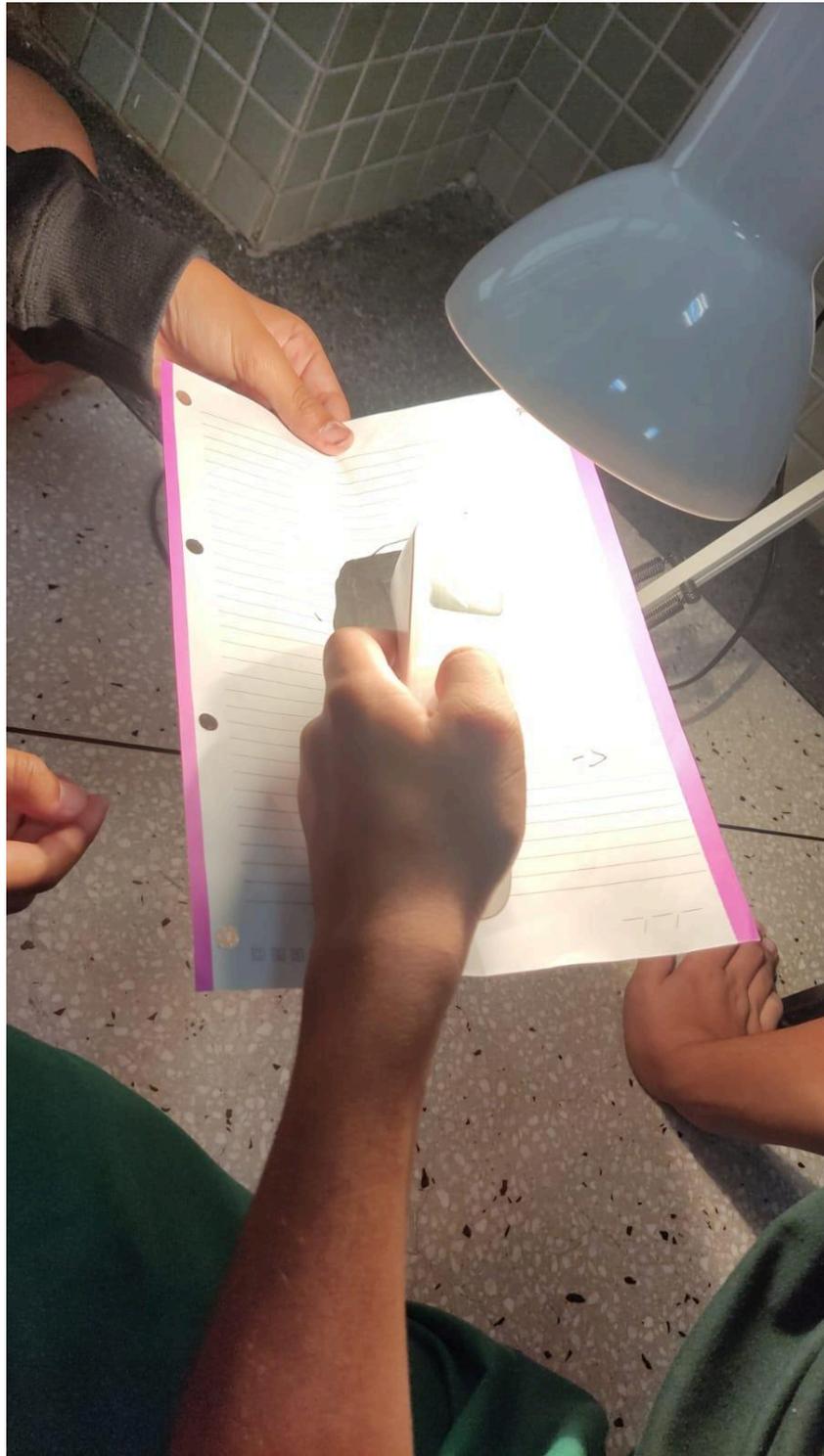


Imagem 8 - Solução proposta para a situação-problema A



Imagem 9 - Solução proposta para a situação-problema D



Imagem 10 - Solução proposta para a situação-problema E



Imagem 11 - Solução proposta para a situação-problema A

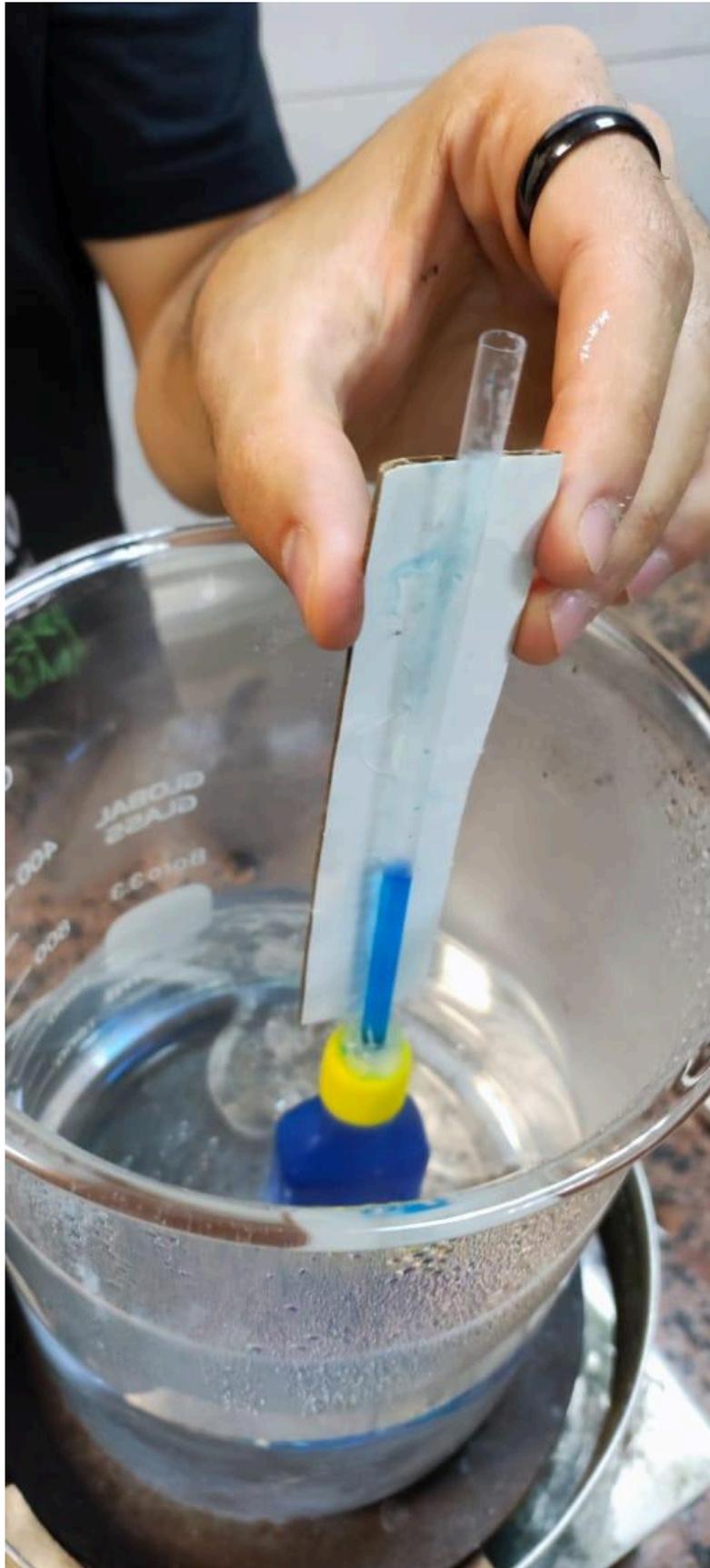


Imagem 12 - Solução proposta para a situação-problema B



8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho representa uma contribuição significativa para o corpo de pesquisa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, focando no ensino de Física no 7º ano do Ensino Fundamental em uma rede de escolas particulares do Distrito Federal. Nossa meta foi desenvolver um produto educacional com alto valor pedagógico, fundamentado teoricamente na disciplina a ser ensinada, e suficientemente flexível para se adaptar a diferentes contextos escolares. Para isso, salientamos a importância de adequar o produto educacional ao contexto sócio-histórico-cultural específico da escola e dos alunos que participarão da sequência pedagógica. Essa abordagem é o alicerce primordial do trabalho que desenvolvemos.

Entendemos que o papel do professor é inerentemente desafiador, e por isso nos dedicamos a estudar a literatura disponível e a buscar maneiras de auxiliar nossos colegas educadores na missão de promover uma sólida alfabetização científica em jovens que ainda não tiveram contato com a Física ensinada no Ensino Médio. Muitas vezes, essa disciplina é percebida como conteudista, massiva e de exigência elevada, o que pode gerar desafios, e até mesmo abalos, no processo de aprendizagem.

A disciplina de Física, conforme tradicionalmente ensinada no Ensino Médio brasileiro, muitas vezes adota uma abordagem excessivamente conteudista, especialmente em escolas particulares, devido à pressão por resultados nos processos seletivos para o Ensino Superior. Isso resulta na estigmatização da Física como uma área distante da realidade cotidiana, focada apenas em fórmulas e equações. Portanto, uma abordagem mais lúdica e contextualizada, como a Aprendizagem Baseada em Problemas, no Ensino Fundamental, pode proporcionar aos alunos um primeiro contato mais positivo e significativo com os conceitos físicos. Isso não só promove o desenvolvimento do raciocínio, mas também estabelece uma conexão afetiva com os temas, potencialmente gerando impactos positivos quando esses alunos abordarem esses assuntos novamente no Ensino Médio.

A nossa sequência didática compreendeu um total de dez aulas, distribuídas ao longo de cinco semanas. Essa proposta foi implementada em oito turmas de dois colégios particulares que fazem parte da mesma rede de ensino. O tema central foi

a Termodinâmica, abordada como uma oportunidade de aplicação e revisão de conteúdos previamente ensinados. Utilizamos como fundamentação teórica o socioconstrutivismo de Vygotsky, a perspectiva de ensino por *scaffolding*, aliado à metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Problemas. O nosso projeto foi finalizado promovendo apresentações em sala de aula, nas quais os alunos compartilharam os desafios enfrentados ao longo do processo e puderam exercitar sua comunicação científica. Essa atividade é fundamental para nosso objetivo de promover uma melhor Alfabetização Científica, pois permite que os alunos utilizem os termos e conceitos da Termodinâmica de maneira prática e contextualizada para alcançar seus objetivos e a expressão de suas ideias.

No decorrer de nossa pesquisa, enfrentamos várias restrições impostas por diferentes contextos. Primeiramente, o tema a ser abordado precisava ser uma aplicação de um conteúdo já ensinado em aulas teóricas para os mesmos alunos pelo docente responsável pela aplicação do produto. Além disso, era necessário desenvolver atividades que utilizassem materiais de fácil acesso, garantindo sua viabilidade prática. A sequência didática também precisava ser de fácil replicação por outros professores. Por fim, houve a exigência de que os alunos produzissem materiais que pudessem ser expostos à comunidade escolar como parte do trabalho. Essas restrições tiveram enorme peso nas escolhas e no desenvolvimento do nosso produto educacional. Entretanto, ainda assim encontramos a possibilidade de conceber uma metodologia diferenciada e inovadora para nossos estudantes, tendo a expectativa de promover impactos positivos nas etapas escolares subsequentes.

A abordagem socioconstrutivista de Vygotsky foi fundamental na elaboração do nosso produto educacional, pois considerar o potencial de aprendizado dos alunos, assim como seu nível e capacidade de trabalhar de forma autônoma e sem a dependência intelectual do professor, permitiu uma construção robusta da sequência pedagógica. Além disso, o conceito de ensino por *scaffolding*, derivado do modelo de Vygotsky, forneceu uma excelente ferramenta para promover maior autonomia entre os estudantes. Utilizamos os próprios alunos como "mini-tutores" para aqueles que ainda não estavam em um estágio de aprendizado satisfatório, o que promoveu uma excelente dinâmica de interação e desenvolvimento de trabalho em grupo.

O uso da metodologia ativa conhecida como PBL foi de grande valor para a nossa sequência didática. Além de estar alinhada com o referencial socioconstrutivista, essa abordagem proporcionou acesso a diversas pesquisas e aplicações já estabelecidas, as quais serviram como base sólida para a concepção das nossas aulas. Além disso, considerando a faixa etária dos nossos estudantes, percebemos que atividades lúdicas podem despertar maior disposição e engajamento em alunos que, muitas vezes, são vistos pelos professores como desinteressados.

Consideramos peculiar a nossa realidade escolar devido a escassez de professores de Física no 7º ano do ensino fundamental. Essa singularidade reflete-se na limitada produção de pesquisa encontrada sobre o ensino da disciplina nesse contexto. Diante disso, nosso objetivo foi desenvolver uma sequência didática que oferecesse um caminho sólido e confiável para colegas docentes que atuam nessa área. É importante destacar que, frequentemente, a atividade de professor para esse nível escolar é desempenhada por profissionais sem formação acadêmica específica em Física.

Sob a perspectiva da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), desenvolvemos uma sequência didática na qual os alunos foram organizados em equipes de trabalho. Essas equipes foram cuidadosamente selecionadas pelo docente para garantir que cada uma incluísse alunos com um domínio prévio considerável do conteúdo em questão. Desta forma, esses alunos poderiam desempenhar o papel de orientadores para seus colegas de equipe. As equipes receberam a tarefa de propor soluções para situações-problema concretas e, posteriormente, testar essas soluções. Como parte desafiadora da nossa abordagem, as equipes também foram solicitadas a testar as soluções propostas por outras equipes. Essa dinâmica foi projetada para incentivar os alunos a buscar as equipes que já haviam abordado o problema como fonte de informações e orientação, facilitando assim a conclusão do trabalho. O objetivo principal dessa abordagem não foi apenas ensinar o conteúdo em si, mas também ilustrar a dinâmica da produção do conhecimento científico, destacando a importância da troca de informações, revisão entre pares e verificação dos dados obtidos.

Acreditamos que tal proposta pedagógica é flexível o suficiente para se adequar aos mais diversos conteúdos e temas não apenas da Física, mas como de Ciências em geral.

A formação das equipes foi realizada por meio de um teste de múltipla escolha, composto por seis questões com quatro alternativas cada, intitulado Teste A e detalhado no Apêndice B. Cada resposta correta foi atribuída a uma pontuação e as equipes foram organizadas de modo a possuírem alunos com pontuações o mais semelhantes possível. Após a conclusão da sequência didática, os alunos foram orientados a realizar um novo teste, semelhante ao Teste A. Este segundo teste teve como objetivo avaliar se a nossa sequência proporcionou uma melhor compreensão do conteúdo. Nomeamos este teste como Teste B e o incluímos no Apêndice C.

Os testes mencionados também fornecem um bom parâmetro para comparar o ensino do conteúdo por meio de aulas expositivas em contraste com o ensino através da metodologia ativa adotada. Embora não tenhamos observado um aumento global nas respostas corretas, identificamos de forma positiva que um número significativo de alunos com desempenho inicialmente baixo apresentou uma melhora em suas respostas.

Ressaltamos que, embora os formulários e as respostas objetivas a questões concretas sejam ferramentas de avaliação pedagógica comuns e bem estabelecidas, elas não conseguem capturar completamente a complexidade da aprendizagem humana. Nesse contexto, observamos um êxito significativo ao perceber o engajamento satisfatório de nossos estudantes nas atividades propostas. Notamos uma genuína vontade de realizar as atividades corretamente, acompanhada de frustração diante dos eventuais fracassos. Adicionalmente, a maioria dos grupos de trabalho mostrou-se altamente envolvida nas apresentações, na confecção de cartazes e nos debates sobre os experimentos trabalhados, especialmente durante os encontros destinados à apresentação em sala de aula.

Essas ferramentas se mostraram valiosas e enriquecedoras para nossa pesquisa, pois proporcionaram um primeiro contato prático com a ciência da Física que gerou evidente diversão e engajamento entre os alunos. Além disso, observamos um amadurecimento tanto no discurso científico quanto no conhecimento da teoria termodinâmica. Essas perspectivas, fundamentais para o desenvolvimento do pensamento científico, podem não ser plenamente capturadas por testes padronizados com respostas objetivas.

Ao término das cinco semanas dedicadas a este trabalho, podemos considerar que alcançamos um relativo sucesso em nossa empreitada pois nossos

alunos demonstraram um engajamento bastante vigoroso nas atividades propostas. Observamos muitos estudantes que, previamente, não demonstravam interesse em aulas expositivas, aplicando-se na resolução das tarefas propostas. Houve diversos debates entre os alunos e notamos que alguns continuaram a participar das atividades de outros grupos mesmo após a conclusão de seu próprio trabalho. Esses acontecimentos proporcionaram ao professor aplicador do produto uma grande satisfação, pois é extremamente gratificante para um educador perceber que conseguimos despertar alguma faísca intelectual em nossos alunos.

Consideramos pertinente trazer as percepções subjetivas do docente sobre a aplicação do produto educacional, pois oferecem parâmetros e perspectivas a serem considerados ao optar pela execução deste trabalho. Nossa proposta educacional mostrou-se de fácil aplicação, com os alunos compreendendo sem grandes dificuldades a dinâmica das atividades elaboradas. No entanto, a sequência demandou uma grande quantidade de energia e disposição por parte do professor. A falta de um espaço físico dedicado resultou no constante transporte dos diversos materiais entre as salas de aula, além do desgaste causado pelo engajamento das turmas em experimentos que envolviam objetos aquecidos, congelados, eletrônicos, entre outros, os quais poderiam causar danos caso fossem manipulados de forma inadequada. Felizmente, não ocorreram incidentes de danos físicos ou materiais.

Este trabalho teve como principal objetivo oferecer suporte a colegas docentes interessados em estabelecer um ensino de Física para turmas do 7º ano do ensino fundamental. Comprometemo-nos em incorporar em nosso produto tanto as bases teóricas da disciplina quanto a metodologia pedagógica que consideramos adequada para a realidade escolar em que nos encontramos. Acreditamos que nossa proposta seja suficientemente flexível para abranger uma variedade de conteúdos e disciplinas ensinadas nos anos finais do Ensino Fundamental.

Identificamos como possíveis áreas para aprimoramento de nossa abordagem uma elaboração mais criativa das situações-problema, o refinamento da ficha-guia e a exploração de métodos alternativos para avaliar o aprendizado, que não se restrinjam à estrutura de pré-teste e pós-teste com questões de múltipla escolha. Reconhecemos que seria valioso desenvolver atividades em que os alunos tenham a oportunidade de expressar suas próprias ideias sobre o que aprenderam, inclusive com a produção de textos, aprimorando assim suas habilidades de comunicação por meio de um discurso científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, Maurianne. Cultural inclusion in the American college classroom. **New directions for teaching and learning**, 1992.

AKCAY, Behiye. Problem-based learning in science education. **Journal of Turkish science education**, v. 6, n. 1, p. 28-38, 2009.

ALBANESE, Mark. Problem-based learning: why curricula are likely to show little effect on knowledge and clinical skills. **Medical education**, v. 34, n. 9, p. 729-738, 2000.

ALLEN, Deborah E.; DUCH, Barbara J.; GROH, Susan E. The power of problem-based learning in teaching introductory science courses. **New directions for teaching and learning**, v. 1996, n. 68, p. 43-52, 1996.

APPLEBEE, Arthur N. **Scaffolding: Reading and Writing as Natural Language Activities** Language Arts, Vol. 60, No. 2, Oral Language pp 168-175 1983.

BAKHURST, David ; SHANKER, Stuart G. **Jerome Bruner: Language, Culture, Self**. SAGE Publications, 2001.

BEKIRYAZICI, Merve. Teaching mixed-level classes with a Vygotskian perspective. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 186, p. 913-917, 2015.

BENDER, William N. **Aprendizagem baseada em projetos**. Penso 1º ed, 2014.

BERBEL, Neusi. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia dos estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun, 2011.

BLIGH. Early effects of a new problem-based clinically oriented curriculum on students' perceptions of teaching. **Medical education**, v. 34, n. 6, p. 487-489, 2000.

BONWELL, Charles C.; EISON, James A. **Active learning: Creating excitement in the classroom. 1991 ASHE-ERIC higher education reports**. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183, 1991.

BRASIL, C. D. C. Critério de classificação econômica Brasil. **Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP)**, 2008.

BRASIL. Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos. Lei nº 8.069, 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. ano 1990, Disponível em:<https://cutt.ly/yECVBmB>. Acesso em: 13 fev. 2024.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 13 mar 2024.

BRASIL ESCOLA. **O que é temperatura..** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: 13 mar. 2024.

BROOKS, Jacqueline Grennon; BROOKS, Martin G. **In search of understanding: The case for constructivist classrooms**. Ascd, 1999.

BROWN, Ann L.; CAMPTIOONE, Joseph C. Interactive learning environments and the teaching of science and mathematics. In: **Toward a scientific practice of science education**. Routledge, 2013. p. 111-139.

BRUNER, Jerome. S. **The growth and structure of skill**. In K. J. Connolly (Ed.), *Mechanisms of motor skill development*(pp. 62–94). New York, NY: Academic Press, 1970.

_____. **Organization of early skilled action**. *Child Development*,44(1), 1–11 <doi:10.2307/1127671>, 1973.

_____. **From communication to language - A psychological perspective**. *Cognition*,3(3), 255–287. <doi:10.1016/0010-0277(74)90012-2>, 1975

_____. **Actual minds, possible worlds**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1986.

_____. **Prologue to the English Edition**. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), *The collected works of L. S. Vygotsky*. Volume 1. *Problems of general psychology*(pp. 1–16). Boston, MA: Springer US, 1987.

_____. **Celebrating divergence: Piaget and Vygotsky**. *Human Development*,40(2), 63–73. <doi:10.1159/000278705>, 1997.

BURKAM, David T.; LEE, Valerie E.; SMERDON, Becky A. Gender and science learning early in high school: Subject matter and laboratory experiences. **American Educational Research Journal**, v. 34, n. 2, p. 297-331, 1997.

- BYBEE, Rodger W. Achieving scientific literacy. **The science teacher**, v. 62, n. 7, p. 28, 1995.
- CASSIANI, Suzani ; SELLES, Sandra L. E. **Negacionismo científico e crítica à Ciência: interrogações decoloniais**. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 28, e22000, 2022.
- COLLIVER, Jerry A. Effectiveness of problem-based learning curricula: research and theory. **Academic medicine**, v. 75, n. 3, p. 259-266, 2000.
- DELGATTO, Jason. Applications of the Theories of Mikhail Bakhtin in Science Education. 2011.
- DRISCOLL, Marcy Perkins. **Psychology of learning for instruction**. Allyn & Bacon, 1994.
- ERICKSON, Frederick et al. **Qualitative methods in research on teaching**. Institute for Research on Teaching, 1985.
- FURMAN, Melina. O ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico. **São Paulo: Sangari Brasil**, p. 20, 2009.
- GEE, James Paul. Language in the science classroom: Academic social languages as the heart of school-based literacy. In: **Establishing scientific classroom discourse communities**. Routledge, 2004. p. 28-52.
- GLASER, Robert. The maturing of the relationship between the science of learning and cognition and educational practice. **Learning and instruction**, v. 1, n. 2, p. 129-144, 1991.
- GOMES, Vinícius Laurindo da Fraga et al. **Práticas de física para alunos do regime socioeducativo, anos finais do ensino fundamental**. 2017.
- GONULAL, Talip; LOEWEN, Shawn. Scaffolding technique. **The TESOL encyclopedia of English language teaching**, p. 1-5, 2018.
- GREENFIELD, Patricia Marks. A theory of the teacher in the learning activities of everyday life. **Everyday cognition: Its development in social context**, 1984.
- HALLIDAY, Michael A. K. **Learning How to Mean**. New York: Elsevier North-Holland, 1977.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 2**. 10ª ed, 2016.
- KOZULIN, Alex. The concept of activity in Soviet psychology: Vygotsky, his disciples and critics. **American psychologist**, v. 41, n. 3, p. 264, 1986.

KUBLI, Fritz. Science teaching as a dialogue—Bakhtin, Vygotsky and some applications in the classroom. **Science & Education**, v. 14, n. 6, p. 501-534, 2005.

LEACH, John; SCOTT, Phil. Individual and sociocultural views of learning in science education. **Science & education**, v. 12, p. 91-113, 2003.

LEMKE, Jay L. **Talking science: Language, learning, and values**. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1)., 1990.

LEWIS, Eileen Lob. Conceptual change among middle school students studying elementary thermodynamics. **Journal of Science Education and Technology**, v. 5, p. 3-31, 1996.

LIBERG, Caroline; AF GEIJERSTAM, Åsa; FOLKERYD, Jenny W. A linguistic perspective on scientific literacy. In: **Linnaeus Tercentenary Symposium, Uppsala University, Uppsala, Sweden, May 28-29, 2007**. Uppsala University, 2007. p. 42-46.

LINGUEE. **Dicionário online**.. Disponível em: linguee.com.br. Acesso em: 02 fev. 2024.

LINN, Marcia C.; SONGER, Nancy Butler. Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands?. **Journal of research in Science teaching**, v. 28, n. 10, p. 885-918, 1991.

LINN, Marcia C.; SONGER, Nancy Butler. How do students make sense of science?. **Merrill-Palmer Quarterly (1982-)**, p. 47-73, 1993.

LOFTUS, Stephen; HIGGS, Joy. Reconceptualising problem-based learning in a Vygotskian framework. **Focus on Health Professional Education: A Multi-Professional Journal**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2005.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, p. 45-61, 2001.

MASETTO, Marcos Tarciso e ABREU, Maria Celia de. **O professor universitário em aula: prática e princípios teóricos**. . São Paulo, SP: MG Ed. Associados. . Acesso em: 16 maio 2024. , 1990

MAZUR, Eric ; SOMERS, Mark, D. **Peer instruction: A user's manual**. Upper Saddle River, N.J. Prentice Hall, 1997. 253 p, 1997.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

_____. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEDEC: Programa internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, p. 101-136, 2003.

NEWELL, George. Learning from Writing: Examining our Assumptions. **English Quarterly**, v. 19, n. 4, p. 291-302, 1986.

NORDLOF, John. Vygotsky, scaffolding, and the role of theory in writing center work. **The Writing Center Journal**, p. 45-64, 2014.

NORMAN, Geoffrey R.; SCHMIDT, Henk G. The psychological basis of problem-based learning: A review of the evidence. **Academic medicine**, v. 67, n. 9, p. 557-65, 1992.

_____. Effectiveness of problem-based learning curricula: Theory, practice and paper darts. **Medical education**, v. 34, n. 9, p. 721-728, 2000.

NUSSENZVEIG, H. Moyses. Física Básica. **Fluidos, oscilações e ondas, calor**, 2002.

O'GRADY, Glen et al. (Ed.). **One-day, one-problem: An approach to problem-based learning**. Springer Singapore, 2012.

OSBORNE, Jonathan. Science education for the twenty-first century. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 3, n. 3, p. 173-184, 2007.

PIZARRO, Mariana Vaitiekunas; JUNIOR, Jair Lopes. Indicadores de alfabetização científica: uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 1, p. 208-238, 2015.

POLANCO*, Rodrigo; CALDERÓN, Patricia; DELGADO, Francisco. Effects of a problem-based learning program on engineering students' academic achievements in a Mexican university. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 41, n. 2, p. 145-155, 2004.

RAMOS, Fernanda Peres et al. Alfabetização Científica e as visões deformadas no ensino de ciências: Algumas reflexões sobre os discursos dos professores de física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2020.

RIVARD, Leonard P.; STRAW, Stanley B. The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. **Science education**, v. 84, n. 5, p. 566-593, 2000.

ROTH, Wolff-Michael. **Talking science: Language and learning in science classrooms**. Rowman & Littlefield, 2005.

SANTOS, Luis Guilherme da Silva. **Ensino de termodinâmica para alunos do fundamental: anos finais**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. **CARVALHO, AMP et al. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning**, p. 1-27, 2010.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCRIBNER, Sylvia; COLE, Michael. Literacy without schooling: Testing for intellectual effects. **Harvard Educational Review**, v. 48, n. 4, p. 448-461, 1978.

SCRIMSHER, Sheryl; TUDGE, Jonathan. The teaching/learning relationship in the first years of school: Some revolutionary implications of Vygotsky's theory. **Early Education & Development**, v. 14, n. 3, p. 293-312, 2003.

SHVARTS, Anna; BAKKER, Arthur. The early history of the scaffolding metaphor: Bernstein, Luria, Vygotsky, and before. **Mind, Culture, and Activity**, v. 26, n. 1, p. 4-23, 2019.

SKIDMORE, David. The dialogue of spoken word and written word. **Goodwyn and Stables (2004)**, p. 107-122, 2005.

SILVA, Maíra Batistoni; SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, p. e34674, 2021.

STROBEL, Johannes; VAN BARNEVELD, Angela. When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. **Interdisciplinary journal of problem-based learning**, v. 3, n. 1, p. 44-58, 2009.

TABAK, Iris; REISER, Brian J. Steering the Course of Dialogue in Inquiry-based Science Classrooms. 1999.

TEIXEIRA, Francimar Martins. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, p. 795-809, 2013.

VAN KAMPEN, Paul et al. Teaching a single physics module through Problem Based Learning in a lecture-based curriculum. **American Journal of Physics**, v. 72, n. 6, p. 829-834, 2004.

VIECHENESKI, Juliana Pinto; LORENZETTI, Leonir; CARLETTO, Marcia Regina. Desafios e práticas para o ensino de ciências e alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. **Atos de pesquisa em educação**, v. 7, n. 3, p. 853-876, 2012.

VILELA-RIBEIRO, Eveline Borges; BENITE, Anna Maria Canavarro. Alfabetização científica e educação inclusiva no discurso de professores formadores de professores de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, p. 781-794, 2013.

VIZZOTTO, Patrick Alves; PINO, JOSÉ CLÁUDIO DEL. O uso do teste de alfabetização científica básica no Brasil: Uma revisão da literatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, p. e15846, 2020.

VYGOTSKY, Lev Semyonovitch. 4-Vygotsky. 1978.

WARREN, Beth; ROSEBERY, Ann S. "This question is just too, too easy!" Students' perspectives on accountability in science. In: **Innovations in learning**. Routledge, 2013. p. 97-125.

ZANOLLA, Silvia Rosa da Silva. O conceito de mediação em Vigotski e Adorno. **Psicologia & Sociedade**, v. 24, p. 5-14, 2012.

APÊNDICE A - Situações-Problemas exemplificadas

Situações-Problemas termodinâmicas

A - Termômetro e dinheiro

- Um professor de física de uma ONG de Brasília decide fazer um experimento de termodinâmica com seus alunos. Entretanto, devido à recente aquisição de um projetor de última linha, a ONG não dispõe de muitos recursos para a compra de materiais. O professor precisa fazer um termômetro que funcione, seja rápido de fazer e de baixo custo. Ajude o professor!

B - O desafio do balão

- Durante uma reunião familiar seu tio, que tem fama de contador de história, diz ser capaz de inflar um balão sem soprar ar dentro dele. A sua família não acredita e passa a rir da cara do seu querido tio. Você decide mostrar que é sim possível. Como?

C - Física e meio ambiente

- A escola precisa fazer uma campanha de conscientização sobre o problema climático chamado “Ilhas de calor”. Pesquisem sobre este tema e proponham, dentro dos conhecimentos de Física, como poderíamos conscientizar pessoas que viriam à nossa escola sobre esta questão. Lembrem que nosso foco é falar sobre termodinâmica..

D - Será que é fake news? (<https://shorturl.at/hnHMS>)

- Durante um feriado na casa de seus avós, seu avô lê uma notícia e fica incrédulo. Para ele, é impossível que a notícia seja verdade. Você, que prestou bastante atenção nas aulas de termodinâmica, sabe muito bem que há motivo para acreditar na notícia. É possível demonstrar o princípio físico por de trás do fenômeno e, finalmente, convencer seu avô?

E - A tábua mágica

- Um dia chega uma encomenda de compra online endereçada a seu pai. A compra é uma tábua dita ser “mágica” pois é capaz de descongelar carne com rapidez sem a adição de calor à comida. Sua mãe acha que seu pai jogou dinheiro fora e exige que ele solicite reembolso dessa compra, seu pai se nega. Como vocês podem decidir se vale a pena ficar com a tábua?

F - Um copo de presente

- O aniversário de uma tia muito querida está chegando. Você e seus pais decidem que darão a ela um copo térmico de presente. Ao chegarem na loja o vendedor lhe oferece 3 opções que acabaram de chegar na loja, todas com o mesmo preço. Entretanto, por se tratarem de produtos novos, o vendedor não tem certeza de qual é o copo de qualidade superior. É possível eleger, com confiança, qual é o melhor copo para dar de presente?

As soluções “padrão” de cada situação-problema:

Assim como em uma avaliação formal, na qual um gabarito padrão é previamente elaborado pelo professor, esta sequência didática também contou com soluções prévias desenvolvidas pelo docente. Esta prática se revela de extrema importância para assegurar que os alunos não se deparam com problemas sem solução definida, além de proporcionar auxílio ao professor quando os estudantes encontram dificuldades ou têm dificuldade em avançar nas resoluções dos problemas.

Contudo, é relevante ressaltar que, apesar da existência de soluções pré-estabelecidas, os alunos foram encorajados a elaborar suas próprias abordagens, muitas vezes divergentes do gabarito esperado pelo professor. Surpreendentemente, em diversas ocasiões, os alunos obtiveram êxito em suas propostas, o que resultou em grande entusiasmo por parte dos estudantes, manifestando-se de maneira visível no aumento de engajamento nas tarefas propostas. A promoção da autonomia, tida como uma ferramenta fundamental nesta sequência didática, revelou-se como um elemento de observação intrigante.

A seguir, apresentamos os gabaritos elaborados pelo professor para cada situação-problema, os quais serviram como referência durante o processo de resolução por parte dos alunos.

A - A proposta de construção de um termômetro de pressão utilizando Álcool 70, água, corante, uma garrafa e um canudo se destaca pela simplicidade. Diversos tutoriais disponíveis na internet fornecem um guia passo a passo para os alunos, permitindo que explorem conceitos fundamentais de forma prática.

B - Na atividade envolvendo a simples colocação de um balão na boca de uma garrafa e a preparação de dois potes com água gelada e água fervendo, os alunos foram desafiados a observar as mudanças no balão à medida que a garrafa era exposta a diferentes temperaturas. A adição de álcool 70 à garrafa adicionou um elemento intrigante, intensificando os efeitos observados e proporcionando aos estudantes uma experiência prática única.

C - Sob uma perspectiva ambientalista, a atividade propôs aos alunos a coleta de grama da escola e a preparação de uma massa "durepox" pintada de preto. A simulação visava representar as florestas (potinho com grama) e o ambiente urbano (massa preta). Ao expor ambos a uma fonte luminosa, os alunos registraram o aumento de temperatura desigual, incentivando a reflexão sobre os impactos ambientais das áreas urbanas em comparação com as áreas verdes.

D - Ao expor dois materiais semelhantes, diferindo apenas em suas cores (preto e branco), a uma fonte de luz, os alunos exploraram a influência da cor na absorção de calor pelos objetos. A atividade destacou a importância desse fator na interação de materiais com a luz, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios físicos envolvidos.

E - A comparação da eficácia da tábua "mágica" com métodos tradicionais de descongelamento de carne representou um desafio prático aos alunos. A atividade incentivou a pesquisa online para obter dicas populares, como a imersão da carne em água. A comparação dos tempos de descongelamento proporcionou uma análise crítica das diferentes abordagens.

F - A atividade que envolveu a colocação de quantidades iguais de água fervendo em cada copo, seguida pela observação do resfriamento ao longo do tempo, permitiu aos alunos explorar os princípios da conservação de calor. A medição em intervalos regulares revelou quais copos melhor preservaram o calor, correlacionando diretamente com a capacidade de manter o líquido gelado por mais tempo.

APÊNDICE B - Teste para seleção das equipes

Teste A

Identificação do Estudante

Nome:

Turma:

1 - O que se estuda na termodinâmica?

- a) A relação entre volume e calor.
- b) A relação entre energia térmica e massa.
- c) A relação entre calor e trabalho.
- d) A relação entre quente e frio.

2 - Quais das definições abaixo explica melhor o que é temperatura?

- a) É sinônimo de calor.
- b) Medida de energia térmica.
- c) Maneira de diferenciar um corpo quente de um corpo frio.
- d) Quantidade de calor

3 - O que é calor?

- a) Agitação média de moléculas.
- b) Energia térmica em transferência.
- c) É a mesma coisa que dizer que a temperatura está alta.
- d) Quantidade de energia térmica dentro de um corpo.

4 - O que é equilíbrio térmico?

- a) Situação termodinâmica onde dois corpos possuem a mesma temperatura e, portanto, não trocam mais calor.
- b) É quando um corpo perde todo seu calor.
- c) É quando você é capaz de medir precisamente a temperatura de um corpo.
- d) Situação termodinâmica onde dois corpos possuem a mesma temperatura, embora ainda troquem calor.

5 - Qual dessas é a melhor definição para um material condutor térmico?

- a) É aquele que esquenta muito quando recebe calor.
- b) É aquele que não conduz calor.
- c) É aquele que esquenta pouco quando recebe calor.
- d) É aquele material mais frio.

6 - Um bom isolante térmico é um material que para esquentar necessita de muita energia térmica, mas que também necessitam perder muita energia para esfriar.

Essa afirmação está:

- a) Falsa. Pois como quente não existe, não é possível fazer essa afirmação.
- b) Verdadeira. Esta é a definição correta de um isolante.
- c) Verdadeira em partes.
- d) Falsa. Isolantes trocam bem calor seja para ganhar ou perder a energia térmica.

APÊNDICE C - Teste para avaliação do aprendizado.

Teste B

Identificação do Estudante

Nome:

Turma:

1 - O que estudamos dentro da termodinâmica?

- a) A relação entre quente e frio.
- b) A relação entre energia e volume.
- c) A relação entre energia térmica e massa.
- d) A relação entre calor e trabalho.

2 - O que é temperatura?

- a) Sinônimo de calor.
- b) Medida física que serve para definir um sistema quente e um sistema frio.
- c) Quantidade de energia térmica.
- d) Quantidade de calor.

3 - O que é calor?

- a) Medida de agitação de moléculas.
- b) É um conceito que se refere a temperaturas elevadas.
- c) Energia térmica em transferência.
- d) Quantidade de energia térmica em um corpo.

4 - O que é equilíbrio térmico?

- a) Situação termodinâmica onde dois corpos possuem a mesma temperatura e, portanto, não trocam mais calor.
- b) Situação termodinâmica onde dois corpos possuem a mesma temperatura, embora ainda troquem calor.
- c) É quando você é capaz de medir precisamente a temperatura de um corpo.
- d) É quando um corpo perde todo seu calor.

5 - Qual dessas é a melhor definição para um material isolante térmico?

- a) É aquele que conduz calor com facilidade.
- b) É aquele que não conduz calor.
- c) É um material que esquenta pouco ao receber calor.
- d) É aquele material mais frio.

6 - Um bom condutor de calor é um material que esquenta muito ao receber certa quantidade de calor. Esta afirmação está:

- a) Falsa. Como o frio não existe, não podemos fazer tal afirmação.
- b) Verdadeira em partes
- c) Verdadeira. Essa definição está correta para materiais condutores.
- d) Falsa. Condutores trocam bem calor tanto para ganhar quanto para perder.

APÊNDICE D - Ficha-guia para planejamento, seleção de materiais e execução da solução nas aulas 03 a 06.

COR DO GRUPO QUE IRÁ PROPOR UMA SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA:

1 - Qual é o nome do problema a ser solucionado?

2 - Explique, com passo a passo, como seu grupo propõe solucionar o problema.

3 - Quais conceitos físicos estão envolvidos na solução proposta?

4 - Liste os materiais a serem utilizados na solução proposta.

5 - Vocês usaram alguma referência para propor a solução? Se sim, diga o site, livro, rede social ou afim pesquisado.

COR DO GRUPO QUE IRÁ TESTAR A SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA:

6 - Após a leitura da solução proposta, anote as expectativas do seu grupo a respeito da tarefa a ser executada.

7 - A solução do grupo anterior teve execução fácil, moderada ou difícil? Justifiquem.

8 - Existem melhorias que seu grupo faria na solução proposta? Se sim, quais?
