

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ANTÔNIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O ENSINO DOS CONCEITOS DE TERMODINÂMICA
UTILIZANDO UM AQUECEDOR SOLAR**

**TERESINA
2022**

ANTÔNIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O ENSINO DOS CONCEITOS DE TERMODINÂMICA
UTILIZANDO UM AQUECEDOR SOLAR**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

**TERESINA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

C837s Costa, Antônio Joel Pereira.
Sequência didática: o ensino dos conceitos de termodinâmica utilizando um aquecedor solar / Antônio Joel Pereira Costa. – 2022.
108 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.

“Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Recurso Didático – Sequência Didática. 3. Termodinâmica. 4. Aquecedor Solar I. Barbosa Filho, Francisco Ferreira. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes. CRB/3-1461

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE ANTONIO JOEL PEREIRA COSTA

Às nove horas do dia doze de maio de dois mil e vinte e dois, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/vaq-uzbo-nzs>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O ENSINO DOS CONCEITOS DE TERMODINÂMICA UTILIZANDO UM AQUECEDOR SOLAR" do discente Antônio Joel Pereira Costa, composta pelos professores Francisco Ferreira Barbosa Filho (orientador, UFPI), Cláudia Adriana de Sousa Melo (UFPI) e Francisco Wellington de Sousa Lima (UFPI) para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 12 de maio de 2022.

Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho

Profa. Cláudia Adriana de Sousa Melo

Prof. Francisco Wellington de Sousa Lima

Francisco Ferreira Barbosa Filho
Cláudia Adriana de Sousa Melo
Francisco Wellington de Sousa Lima

Dedico esse trabalho aos meus pais: Jorge Alves da Costa e Maria pereira Costa e essencialmente a minha noiva Maria de Jesus Monteiro Costa que deram força e apoio nos momentos difíceis de minha jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus acima de tudo, pois graças a sua iluminação e virtude, pude chegar tão longe em minha jornada como ser humano e profissional.

Aos meus pais, Jorge Alves da Costa e Maria pereira Costa, pela dedicação e carinho em terem me educação apesar das dificuldades em que os mesmos se encontravam, por terem se sacrificado tanto em nome dos filhos.

À minha noiva, Maria de Jesus Monteiro Costa, por estar sempre ao meu lado, apoiando-me e incentivando-me.

A todos os meus amigos, colegas e alunos do Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos do município de Duque Bacelar – MA, professores, coordenadores e diretor, pela amizade, companheirismo e apoio à aplicação do Produto Educacional.

À SBF, CAPES, MNPEF e UFPI pela competência e qualidade;

Agradeço aos professores, amigos e colegas do Programa de Mestrado que dividiram suas experiências e seus conhecimentos durante os nossos encontros, em especial ao Diego de Oliveira Gomes pelos conselhos, instruções e amparo quando em meus momentos de dúvida e anseios;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho, pela paciência compreensão, acessibilidade e contribuições valiosas, que tornaram possível a conclusão desta dissertação. Foi uma satisfação imensa ter feito esse trabalho sob essa orientação.

“A verdade é filha do tempo e não da autoridade, mas a dúvida é o começo da sabedoria” (Galileu Galilei).

RESUMO

O presente trabalho aborda o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática (SD) envolvendo um experimento simples, objetivando a construção de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC), como material potencialmente significativo, apresentando orientações e sugestões que poderão auxiliar os professores de Física do Ensino Médio no desenvolvimento dos conceitos sobre os processos de transmissão e propagação de calor, em uma abordagem predominantemente conceitual. Para a aplicação e avaliação metodológica da SD, essa pesquisa foi desenvolvida considerando quatro etapas, que se entrelaçam, se complementam e se convergem para a promoção da aprendizagem significativa. Essas etapas foram divididas em: 1- pré-teste; (questionário diagnóstico), 2- a construção e aplicação do ASBC; 3- a aplicação de um questionário final (pós-teste); 4- Por último apresentaremos o nosso produto à sociedade, na forma de palestras para a comunidade escolar e em eventos científicos. Todas as atividades serão desenvolvidas nas dependências da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos, com os alunos da 2ª série do Ensino Médio. No entanto está última etapa foi adiada devido à pandemia da Covid-19, que será consolidada futuramente. Após a sondagem e verificação dos conhecimentos prévios mais relevantes presentes na estrutura cognitiva dos alunos sobre os conceitos introdutórios de Termodinâmica, através de um questionário diagnóstico (pré-teste), percebemos que os subsunçores apresentados pelos alunos poderiam ser trabalhados nas etapas posteriores, melhorando-os e corrigindo as concepções alternativas de alguns alunos. A etapa de construção do ASBC, ocorreu conforme as ilustrações e instruções do Produto Educacional (PE), seguimos as descrições passo a passo da montagem de todas as fases do aquecedor solar e dos materiais necessários para sua composição. Já na fase de avaliação do PE, bem como, os novos conhecimentos adquiridos pelos alunos participantes da pesquisa, apresentou resultados satisfatórios com a aplicação de questionário final (pós-teste) avaliando as respostas dos alunos, nos quais apresentaram uma melhoria de aprendizagem a respeito dos conteúdos sobre os processos de transmissão de calor. Isto pode ser comprovado ao analisarmos e compararmos com as respostas do pré-teste, bem como, analisando as respostas de opinião fornecidas pelos alunos. Assim, podemos percebermos que houve de fato uma assimilação do conteúdo por dos alunos no uso deste método de ensino, relacionando os conhecimentos prévios mais relevantes em sua estrutura cognitiva com os abordados antes, durante e após a construção do ASBC. As atividades presentes na SD podem ser utilizadas na construção dos conhecimentos dos alunos, tirando-os do estado passivo, tornando-os autônomos e despertando-os ativamente para o seu processo de formação, principalmente no entendimento dos conceitos de propagação e transmissão de calor, evidenciando os conhecimentos prévios mais relevantes dos mesmos em relação a esses conceitos. Desse modo, torna-se “visível aos olhos” do professor o que os alunos sabem e pensam a respeito dos conteúdos propostos a eles, bem como, as dificuldades de compreensão dos mesmos. Assim, o professor como um mediador de conhecimento irá desenvolver estratégias que possibilitam a evolução conceitual e conseqüentemente obter uma aprendizagem significativa em suas aulas.

Palavras-chave: Aquecedor Solar de Baixo Custo. Termodinâmica. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This work approaches the development and application of a didactic sequence involving a simple experiment, objectifying the construction of a low-cost solar heater (ASBC), as a potentially significant material, presenting guidelines and suggestions that may help Middle School Physics teachers in the development of concepts about the transmission and propagation processes of heat, in a predominantly conceptual approach. For the application and methodological evaluation of the SD, this research was developed considering four stages, which intertwine, complement and converge to promote meaningful learning. These steps were divided into: 1- pre-test; (diagnostic questionnaire), 2- the construction and application of the ASBC; 3- application of a final questionnaire (post-test); 4- Finally, we will present our product to society, in the form of lectures for the school community and in scientific events. All activities will be carried out on the premises of the Dr. Paulo Ramos School Unit, with students from the 2nd grade of high school. However, this last stage was postponed due to the Covid-19 pandemic, which will be consolidated in the future. After probing and verifying the most relevant prior knowledge present in the students' cognitive structure on the introductory concepts of Thermodynamics, through a diagnostic questionnaire (pre-test), we realized that the subsunçores presented by the students could be worked on in the later stages, improving them. and correcting the alternative conceptions of some students. The ASBC construction stage took place according to the illustrations and instructions of the Educational Product (EP), we followed the step-by-step descriptions of the assembly of all phases of the solar heater and the materials needed for its composition. In the EP evaluation phase, as well as the new knowledge acquired by the students participating in the research, it presented satisfactory results with the application of a final questionnaire (post-test) evaluating the students' answers, in which they presented an improvement in learning about content on heat transfer processes. This can be proven by analyzing and comparing with the pre-test answers, as well as analyzing the opinion responses provided by the students. Thus, we can see that there was in fact an assimilation of the content by the students in the use of this teaching method, relating the most relevant previous knowledge in their cognitive structure with those addressed before, during and after the construction of the ASBC. The activities present in the SD can be used in the construction of students' knowledge, taking them out of the passive state, making them autonomous and actively awakening them to their training process, mainly in the understanding of the concepts of propagation and heat transmission, evidencing the most relevant previous knowledge of the same in relation to these concepts. In this way, it becomes “visible to the eyes” of the teacher what students know and think about the contents proposed to them, as well as the difficulties of understanding them. Thus, the teacher as a mediator of knowledge will develop strategies that enable conceptual evolution and consequently obtain meaningful learning in their classes.

Keywords: Low-Cost Solar Heater. Thermodynamics. Meaningful Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trabalho realizado durante a expansão de um gás.....	40
Figura 2 – Transferência de energia na forma de calor em um sólido.	43
Figura 3 – Relação entre calor trabalho e energia interna	45
Figura 4 – Representação dos alunos participantes (Turmas A, B e C)	49
Figura 5 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d'água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d'água pelo sistema térmico.....	52
Figura 6 – Representação das garrafas cortadas adequadamente	60
Figura 7 – Representação do painel.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Materiais usados na Construção do ASBC.....	53
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Resposta da Questão 1 (a)	57
Quadro 2 – Resposta da Questão 1 (b)	57
Quadro 3 – Resposta da Questão 2.....	58
Quadro 4 – Resposta da questão 3:.....	58
Quadro 5 – Resposta da questão 4:.....	59
Quadro 6 – Resposta da Q1	62
Quadro 7 – Resposta da Q2	63
Quadro 8 – Resposta da Q3	64
Quadro 9 – Resposta da Q4	64
Quadro 10 – Resposta da Q5	65
Quadro 11 – Resposta da Q6	66
Quadro 12 – Resposta da Q7	66
Quadro 13 – Resposta da Q8.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASBC	Aquecedor Solar de Baixo Custo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
EaD	Educação à Distância
EJA	Educação de Jovens e Adultos
LDBEN	Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
PE	Produto Educacional
SD	Sequência Didática
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 UMA BREVE HISTÓRIA DO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA NO BRASIL	18
2.1 Da Colônia à República	18
2.2 Do Ensino Tradicional ao Ensino Inovador: Uma Discussão Sobre as Tendências Pedagógicas	21
2.3 O Ensino de Física nos Livros Didáticos com Enfoque na Termodinâmica	25
3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID PAUL AUSUBEL E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DA TERMODINÂMICA	27
3.1 Aprendizagem Significativa de Ausubel	27
3.2 Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa	30
3.3 Premissas Básicas Para a Aprendizagem Significativa	33
3.4 Organizadores Prévios	33
4 EXPLORANDO A TERMODINÂMICA	36
4.1 Lei Zero da Termodinâmica	36
4.1.1 Temperatura	36
4.1.2 A Lei Zero da Termodinâmica	37
4.1.3 Termômetro e Escalas de Temperatura	38
4.1.3.1 Escala Celsius	38
4.1.3.2 Escala Kelvin	38
4.2 Primeira Lei da Termodinâmica	39
4.2.1 Conservação da energia de um sistema de partículas	39
4.2.2 Trabalho	40
4.2.3 Calor	41
4.2.4 Transferência de calor	42
4.2.3.1 Condução	42
4.2.3.2 Convecção	43
4.2.3.3 Radiação	44
4.2.5 A Primeira Lei da Termodinâmica	44
4.3 Segunda Lei da Termodinâmica e Entropia	46
5 METODOLOGIA	48
5.1 Caracterização da Pesquisa	48
5.2 Campo Empírico da Pesquisa	48

5.3 Participantes da Pesquisa	48
5.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados	49
5.5 Procedimentos de Análise de Dados.....	50
6 PRODUTO EDUCACIONAL	51
6.1 Descrição do Produto	51
6.2 Elaboração do Produto	53
6.3 Desenvolvimento e Aplicação do Produto Educacional	54
7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	56
7.1 Avaliação das respostas do Pré-teste	56
7.2 Análises e discussões sobre a construção do ASBC	61
7.3 Avaliação do Produto Educacional	62
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICES	74

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre o uso de experimentos em sala de aula ainda é uma temática pouco analisada e discutidas nos materiais de apoio aos professores da Educação Básica. Ao contrário do desejável, que é despertar o interesse do aluno pela disciplina ministrada, unindo teoria com a prática. Os manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para o auxílio desse engajamento, facilitando o trabalho dos professores, consiste ainda em orientações mecanizadas, seguindo um tipo de “livro de receitas”, associadas com a aprendizagem mecânica com uma abordagem restrita ou fechada para as discussões entre os alunos sobre a temática abordada de forma autônoma, o que sem dúvida, está bem distante das propostas atuais para promover um ensino de Física significativo (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Visto que um dos grandes desafios envolvidos no ensino de Física é conseguir despertar o interesse dos alunos e com isso promover um engajamento dos mesmos ao processo ensino-aprendizagem, possibilitando uma aprendizagem significativa. Esta lacuna é preenchida a partir de práticas em sala de aula que aproveitem as experiências cotidianas dos alunos.

“As dificuldades e problemas que afetam o sistema de ensino em geral e particularmente o ensino de Física não são recentes e têm sido diagnosticados há muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e consequências”. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 179).

Dessa forma, o estudo de Termodinâmica torna-se difícil, já que a mesma foi construída historicamente através de aparatos experimentais, consolidando-se assim, como umas das mais importantes áreas da Física. E essa característica encontra grandes barreiras nas escolas da rede públicas do Estado do Maranhão, já que as mesmas em sua ampla maioria não dispõem de estrutura adequada para fazer uma aula experimental. Deste modo, o professor tem que buscar métodos alternativos para suprir essa deficiência, essa relação que ocasionam o desinteresse e distanciamento dos alunos com a disciplina, causando a impressão de ser a Física é uma disciplina puramente teórica e expressa com muitos exercícios de fixação.

Práticas em sala de aula que induzam o ensino por investigação têm sido muito discutidas ultimamente (MUNFORD; LIMA, 2007). Dessa forma, as aulas experimentais surgem como uma necessidade de conectar os fenômenos estudados em Física com a realidade do discente, uma vez que o livro didático, não é suficiente para preencher as lacunas deixadas pela abstração dos conceitos abordados em sala de aula (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Segundo Borges (2002), os professores devem tentar transformar essa realidade com a implementação de aulas práticas, conforme recomenda os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) de Física, nos PCN's é afirmado que a teoria deve ser conciliada com a prática experimental.

Para Pozo e Crespo (2009), entendem que o ensino de Física necessita de mudanças conceituais que possa permitir aos alunos uma nova evolução nas abordagens as teorias científicas. Como professor e inserido neste meio de forma a conhecer tais dificuldades no ensino de Física e, principalmente no ensino da Termodinâmica, propor-se, neste trabalho, a mudança de postura do aluno, como agente ativos durante o processo de ensino-aprendizagem, e quanto ao professor, em seu papel de orientador e facilitador através do Ensino de Física utilizando recursos mediadores no ensino dito "tradicional".

A problemática dessa pesquisa é: Quais as possibilidades da construção de uma Sequência Didática (SD) utilizando um Aquecedor Solar como recurso mediador proporcionará no ensino-aprendizagem em conceitos da Termodinâmica? Propor-se como objetivo geral a construção de uma Sequência Didática, tendo o Aquecedor Solar como recurso mediador na discussão, ensino de conceitos dentro da disciplina Termodinâmica.

A partir do problema de pesquisa, temos como objetivos específicos: Fazer um diagnóstico (levantamento prévio) dos conhecimentos que os alunos detêm acerca dos conceitos de Termodinâmica em nível de ensino médio; Elaborar uma sequência didática que possibilite a discussão de conceitos e princípios de Termodinâmica, a partir de situações problema, mediadas pela construção e aplicação do Aquecedor Solar; Propor aos alunos que desenvolvam as atividades propostas na sequência didática, tendo o Aquecedor Solar como o recurso mediador; Aferir, através de um questionário escrito e de entrevistas, o grau de melhoria no entendimento referente aos conhecimentos envolvendo conceitos e princípios da Termodinâmica, após a realização de atividades tendo a utilização do Aquecedor Solar como o recurso mediador.

Dessa forma, o desenvolvimento desse trabalho de dissertação para o Ensino de aprendizagem de conceitos da Termodinâmica, especificamente os conceitos de calor, escalas termométricas e as três da Termodinâmica, fundamentando-se na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

A escolha do tema deste trabalho foi motivada pela busca de uma nova metodologia de ensino, devido a necessidade de aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre os conceitos de Termodinâmica, utilizando sua curiosidade através de um experimento, unindo a teoria

com a prática. Almejando que os alunos consigam compreender o funcionamento de um aquecedor solar, apresentando os conceitos a respeito sobre calor e seus processos de propagação. Bem como, através das minhas experiências pessoais, buscando novas metodologias de ensino, construindo, montando e/ou apresentando experimentos em sala de aula, sendo eles através de aparatos e/ou simuladores.

Destacamos ainda, que esta dissertação foi elaborada com 8 capítulos e 3 apêndices dispostos da seguinte forma:

O Capítulo 1 compreende a introdução, que trata da proposta e dos objetivos da pesquisa, através de uma abordagem inovadora.

No Capítulo 2 tratamos sobre a Fundamentação Teórica a respeito do ensino de física.

O Capítulo 3 abrange a Teoria da Aprendizagem Significativa, que fundamentará a proposta didática por meio do método proposto.

No Capítulo 4, temos os Conteúdos de Física (Termodinâmica) trabalhados nos na SD.

No Capítulo 5, abordaremos detalhadamente os Procedimentos Metodológicos que foram empregados no desenvolvimento dessa pesquisa e que auxiliaram o desenvolvimento do Produto Educacional.

No Capítulo 6, temos o Produto Educacional, que consiste de uma SD que funciona como um material de apoio (livro) para professores de Física do ensino médio. Nesse capítulo, descreveremos sobre a elaboração e aplicação do Produto Educacional associado a esta Dissertação.

No Capítulo 7, são mostradas as respostas fornecidas pelos alunos, das quais descrevem os resultados obtidos com a aplicação da SD, neste capítulo foram analisados e discutidos todos os resultados coletados dos dados extraídos pelos questionários e bem como, da análise da aplicação do Produto Educacional.

Por fim, no Capítulo 8, nas Considerações Finais, mostramos a conclusão dessa pesquisa educacional, aprofundando os resultados obtidos do trabalho realizado e a sua contribuição ao ensino de Física ensino médio.

2 UMA BREVE HISTÓRIA DO ENSINO DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA NO BRASIL

Nesse capítulo, abordaremos de forma breve como a educação brasileira se desenvolveu, tratando desde a colônia à república. Abordando como o ensino se desenvolveu em sua forma dita “Tradicional” até o ensino “Inovador”. Ainda neste capítulo, falamos de como o Ensino de Física se dá nos livros didáticos com enfoque na Termodinâmica.

2.1 Da Colônia à República

Ao analisar a evolução da educação no Brasil, percebe-se que não é algo entusiasmante, pois desde o princípio a educação nunca foi prioridade. Em um primeiro momento, logo após a chegada dos portugueses – 50 anos depois e motivados em parte pela reforma protestante que acontecia na Europa; chegaram à colônia os primeiros padres jesuítas a fim de catequizar os nativos e convertê-los à fé católica. Ainda que a salvação da alma dos indígenas fosse um motivo aparentemente nobre, quando convertidos, tinha uma finalidade prática: deixavam de ser selvagens e hostis aos colonos e cooperavam mais facilmente nos serviços (GHIRALDELLI, 2003).

Apesar de arcaica, a evolução da educação vai seguir essa linha: apenas instruções objetivas e práticas eram passadas. Da catequese o ensino evoluiu para três disciplinas: leitura, escrita e contagem. Com isto, passaram a dominar o ensino e a fundar escolas, que tinham como objetivo a formação de padres. Nem sempre esta formação era a pretendida pelos colonos para seus filhos, porém era a única que havia, em seguida passou a ser ofertado um curso básico de humanidade que também contemplava disciplinas de filosofia (GHIRALDELLI, 2003).

Com a estabilização da colônia e com as capitanias hereditárias, os donos das Capitanias passavam a instruir seus filhos mais novos pois os primogênitos tendiam a ajudar os pais nos serviços manuais e a administração ficava para os mais novos, os que tinham maior poder aquisitivo, mandavam os filhos para estudar direito ou medicina na Europa.

Posteriormente, a formação inicial (alfabetização) conhecida na época como curso das primeiras letras, ficou a cargo das famílias, enquanto essas escolas se especializavam na formação dos jovens. Nas famílias ricas, o ensino das crianças foi ficando sob responsabilidade de um parente mais letrado. Nem sempre era possível que essas famílias

educassem todos os seus filhos, pois geralmente o primogênito começar desde a cedo a ajudar o pai nas atividades laborais, de modo que sua ocupação impossibilitava seus estudos. Já os mais novos contemplavam a possibilidade de estudar, visto que não precisavam ajudar o pai (GHIRALDELLI, 2003).

Até então, toda estrutura de ensino era formada pela igreja católica, mas com influência do movimento iluminista na Europa, o Marquês de Pombal iniciou uma série de reformas a fim de trazer a educação para a responsabilidade do Estado Português e expulsando os padres jesuítas do Brasil, segundo GhiraldeLLi (2003, p. 16):

A Companhia de Jesus foi expulsa de Portugal e do Brasil quando o Marquês de Pombal, então Ministro de Estado em Portugal, empreendeu uma série de reformas no sentido de adaptar aquele país e suas colônias ao mundo moderno, tanto do ponto de vista econômico quanto político e cultural. Neste último campo, tratava-se da implementação de ideias mais ou menos próximas do Iluminismo. Em ambos os países, ainda que a mão de obra para o ensino continuasse a ser aquela formada pelos jesuítas, nasceu o que, de certo modo, podemos chamar de ensino público; ou seja, um ensino mantido pelo Estado e voltado para a cidadania enquanto noção que se articulava ao Estado, e não mais um ensino atrelado a uma ordem religiosa que, de fato como denunciou Pombal estava tendo preponderância sobre o Estado.

A educação no Brasil começa a ter um breve avanço quando a família real precisa se mudar em virtude das invasões napoleônicas, trazendo consigo um enorme acervo bibliotecário e de obras de artes. Com o estabelecimento da capital no Rio de Janeiro, também foi fundada a primeira universidade brasileira, contudo a colônia precisaria parecer um pouco mais com a Europa, visto que agora abrigava a sede da Coroa. Assim, o governo cria cursos profissionalizantes, de nível médio e superior, e os cursos militares. Com o passar do tempo, foram surgindo os seguintes cursos: Cirurgia no estado da Bahia em 1808, Cirurgia e Anatomia no estado do Rio de Janeiro, também em 1808 – posteriormente o curso de medicina; e, em 1910, a Academia Real Militar (que se tornaria a Escola Nacional de Engenharia) (GHIRALDELLI, 2003).

Com a declaração da independência, era formada a primeira Constituição Federal que instaurava o método de ensino lancasteriano, que segundo Menezes e Santos (2001, p. 20):

Também conhecido como ensino mútuo ou sistema monitorial, esse método pregava, dentre outros princípios, que um aluno treinado ou mais adiantado (decúria) deveria ensinar um grupo de dez alunos (decúria), sob a orientação e supervisão de um inspetor. Ou seja, os alunos mais adiantados deveriam ajudar o professor na tarefa de ensino. Essa ideia resolveu, em parte, o problema da falta de professores no início do século XIX no Brasil, pois a escola poderia ter apenas um educador. Esse método, baseado na obra de Joseph Lancaster, entendia também que se deveria repartir os alunos em classes segundo a ordem de seus conhecimentos e que o procedimento educacional de castigo físico deveria acabar, instituindo uma nova forma de pensar a disciplina escolar. Foi implantado oficialmente no Brasil pela Lei de 15 de outubro de 1827, que definia, em linhas gerais, as diretrizes do ensino geral.

Nesta época foi fundado o colégio Pedro II, que servia como escola modelo para as demais províncias, mesmo sofrendo sempre um embate entre os conhecimentos e literários e científicos, de modo a disputar qual teria mais prioridade. Em 1854 surgia a primeira normatização do ensino e ainda nesta época (imperial) o ensino passou a ser dividido em três níveis: primário, secundário e superior (GHIRALDELLI, 2003).

Já na primeira república, segundo GhiraldeLLi (2003) dois movimentos se destacam, um tinha um lado mais quantitativo, de modo que propunha que a escola alcançasse o maior número de alunos possíveis, em detrimento da educação e o outro era diametralmente o oposto, a escola deveria focar mais no ensino qualitativo ainda que não fosse possível atender a todos, eram denominados, respectivamente, entusiasmo pela educação e otimismo pela educação.

Por volta de 1920 ainda se estimava que o analfabetismo no Brasil estivesse em torno de 60% a 75%, com um ensino público deficiente e um ensino privado que era destinado apenas aos mais ricos. Em 10 anos, na década de 1930, surge John Dewey com a escola nova e suas ideias são trazidas para o Brasil por Lourenço Filho, com o livro *Introdução ao Estudo da Escola Nova* (GHIRALDELLI, 2003).

É nessa época que se começou a discutir mais seriamente o ensino no Brasil, por conta destes autores e também influenciados por várias literaturas de cunho libertário e anarquista, resultando nas primeiras tentativas de adequar o Estado à promoção de uma educação de qualidade (GHIRALDELLI, 2003).

Apenas em 1930, na Era Vargas, foi formado o Ministério de Educação e Saúde Pública, e, dois anos mais tarde, Fernando de Azevedo redige o Manifesto de 1932, assinado por vários intelectuais (GHIRALDELLI, 2003). Colocando a educação como o principal problema a ser resolvido, Azevedo (1984, p. 467):

O problema educacional. Isso porque, se a evolução orgânica do sistema cultural de um país depende de suas condições econômicas, é impossível desenvolver as forças econômicas ou de produção, sem o preparo intensivo das forças culturais e o desenvolvimento das aptidões à invenção e à iniciativa que são fatores fundamentais do acréscimo de riqueza de uma sociedade.

Por entrar na Segunda Guerra mundial ao lado dos aliados, a educação toma um molde mais liberal, dando mais espaço a Escola Nova e formando uma série de leis nesse sentido: Lei Orgânica do Ensino Industrial (1942), Lei do Ensino Comercial (1943), Lei do Ensino Agrícola, (1946), Lei Orgânica do Ensino Normal (1946) e Lei do Ensino Infantil (1946) e para atender às demandas imediatas de mão de obra especializada do mercado, foram criados

o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, SENAI e SENAC, respectivamente (GHIRALDELLI, 2003).

Em 1961 seria aprovada a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, já na nova república. Avançando mais um pouco para o período da Ditadura Militar, houve uma forte aproximação entre Brasil e Estados Unidos, inclusive com a americana Agência de Desenvolvimento Internacional (Agency for International Development) tomando conta das políticas educacionais brasileiras por 4 anos, entre 1964 e 1968, em um acordo feito pelo Ministério da Educação e da Cultura, a fim de preparar a mão de obra para a industrialização que estava por vir no Brasil (GHIRALDELLI, 2003).

Por conta desse acordo, a educação foi fortemente influenciada pela tendência tecnicista, como nos conta Saviani (2008, p. 300)

De fato, ocorreu no período uma grande expansão do ensino superior. Entre 1964 e 1973, enquanto o ensino primário cresceu 70, 3%; o ginásial, 332%; o colegial, 391%; o ensino superior foi muito além, tendo crescido no mesmo período 744,7%. E o grande peso nessa expansão se deu à iniciativa privada: entre 1968 e 1976, o número de instituições públicas de ensino superior passou de 129 para 222, enquanto as instituições privadas saltaram de 243 para 663.

Com o fim da ditadura, ocorreu uma eleição onde Tancredo Neves foi eleito, contudo, veio a óbito antes de assumir o cargo, a presidência da república foi assumida por José Sarney, que convocou uma constituinte e promulgou a Constituição Federal de 1988. No ramo da educação, a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação acional é aprovada em 1996, a lei 9.394/96, que vale até hoje. Esta lei baseia-se no princípio do direito universal à educação e passa a incluir o ensino infantil e a pré-escola.

A nova LDBEN – em vigor agora trata sobre a educação infantil, o Ensino fundamental, o ensino médio, o Ensino superior, a educação de jovens e adultos (EJA), a educação profissional, a educação especial, a educação à distância (EaD) e a educação indígena (Brasil, 1996).

2.2 Do Ensino Tradicional ao Ensino Inovador: Uma Discussão Sobre as Tendências Pedagógicas

Durante anos a fio, esta foi nessa realidade de ensino: sempre deixado e lado e preterido por outras necessidades mais imediatas, e apenas no fim do século XIX e meados do século XX que começaram a se formar as tendências pedagógicas, tanto liberais (tradicional,

escolanovista, não-diretiva e tecnicista), quanto as progressistas (libertária, libertadora e crítico-social dos conteúdos), (LIBÂNEO, 1982).

Abordando mais de perto cada uma dessas tendências, pode-se compreendê-las melhor. Segundo Libâneo (1982), o modelo tradicional da pedagogia liberal tem compromisso com a preparação moral e intelectual do aluno para assumir um papel na sociedade quando concluir sua formação escolar, e também, tem um compromisso cultural e não se envolve com problemas sociais. Os conhecimentos ministrados são baseados nos conteúdos acumulados por gerações anteriores, e determinados pela sociedade e/ou pela legislação. Adota o princípio da meritocracia, os alunos com melhor desempenho são recompensados (com notas altas ou reconhecimento público, por exemplo), enquanto os que não possuem um desempenho satisfatório devem esforçar-se mais para vencer suas dificuldades, não importando as condições de cada um. Os conteúdos são ministrados em uma progressão lógica, pelo professor, que fará sua exposição via oral ou demonstrativa, este, sendo o protagonista do ensino, e tendo como verdade seus ensinamentos. A aprendizagem é feita de forma mecânica, com a realização de exercícios para fixação do conteúdo visto, e sua repetição, até que se obtenha sucesso na fixação do conteúdo. O reforço é feito de modo punitivo, ou negativo, o aluno que não possuir um desempenho satisfatório, receberá notas baixas e punições (LIBÂNEO, 1982). Sobre ela, Becker (2001, p. 17) nos conta:

O professor considera que seu aluno é uma tábua rasa não somente quando ele nasceu como ser humano, mas frente a cada novo conteúdo estocado na sua grade curricular, ou nas gavetas de sua disciplina. O alfabetizador considera que o aluno nada sabe em termos de leitura e escrita e que ele tem de ensinar tudo. Mais adiante, frente à Aritmética, o professor novamente, vê seus alunos como alguém que nada sabe sobre somas e subtrações. No ensino médio, numa aula de Física, o professor vai tratar seu aluno como alguém sem nenhum saber sobre tempo e espaço. Já, na universidade, o professor de Matemática olha seus alunos, no primeiro dia de aula e “pensa”: “60% já está reprovado! ”, isso porque ele os concebe, não apenas como folha de papel em branco na matemática que ele vai ensinar, mas considera-os, devido à sua concepção epistemológica, naturalmente incapazes de assimilar tal saber.

Já na pedagogia renovada progressivista, o ensino busca adequar as necessidades individuais dos alunos ao meio social, pois o aluno passa a ser o foco da educação, diferentemente da pedagogia tradicional, onde o foco é o professor. O aluno é incentivado a cumprir experiências que o possibilite se educar, construindo assim, a aprendizagem, deste modo, os conteúdos ministrados dependem de seu interesse ou de suas necessidades. A pesquisa, os experimentos, a investigação e atividades relacionadas à natureza do aluno são muito valorizadas, segundo Libâneo (1982, p.12):

Os passos básicos do método ativo são: a) colocar o aluno numa situação de experiência que tenha um interesse por si mesma; b) o problema deve ser desafiante, como estímulo à reflexão; c) o aluno deve dispor de informações e instruções que lhe permitam pesquisar a descoberta de soluções; d) soluções provisórias devem ser incentivadas e ordenadas, com a ajuda discreta do professor; e) deve-se garantir a oportunidade de colocar as soluções à prova, a fim de determinar sua utilidade para a vida.

A tendência renovada não-diretiva está mais relacionada à formação de atitudes, preocupando-se menos com problemas pedagógicos ou sociais e priorizando problemas psicológicos, esforça-se em produzir uma situação de mudança dentro do indivíduo, onde o aprendizado parte de dentro do mesmo, segundo Libâneo (1982, p. 14) “O resultado de uma boa educação [na pedagogia renovada não-diretiva] é muito semelhante ao de uma boa terapia, pois pode levar o aluno a fazer uma reflexão sobre sua existência”.

Na tendência tecnicista, a escola atua juntamente com o sistema produtivo, produzindo indivíduos competentes para o trabalho, transmitindo apenas informações rápidas objetivas e precisas. O que se pode ensinar é apenas o observável, dedutivo, sem muito aprofundamento nas informações, é interessante apenas que o aluno conheça aquilo para que possa ser útil no futuro durante sua vida laboral, não há espaço para subjetividades (Libâneo, 1982).

A tendência progressista libertadora visa uma transformação social, por meio de uma meditação sobre a realidade. Segundo Gadotti (2009, p. 32) “Nessa ‘sociedade em trânsito’, o autor [Paulo Freire] procura mostrar o aspecto político que a educação pode vir a desempenhar – e desempenhar sempre – na construção de uma nova sociedade, a sociedade aberta”, neste comentário ele refere-se à construção de uma nova sociedade que não poderá ser feita por uma elite dominante.

A tendência libertária, incentiva uma transformação de viés libertário nos alunos, de modo que estes possam se autogerir, ou seja, os próprios alunos tomam as decisões, por meio de reuniões, eleições ou assembleias. As matérias escolares são ofertadas a eles, mas decidem, por meio de seus interesses, se a utilização ou não, caso decidam que não, também não lhes será cobrada (Libâneo, 1982).

A tendência crítico-social dos conteúdos prioriza conteúdos concretos, assuntos que fazem parte do dia-a-dia dos discentes. Neste, a escola é tida como um meio para tornar a sociedade mais democrática, evitando distinções sociais, segundo Libâneo (1982, p.30):

Em síntese, a atuação da escola consiste na preparação do aluno para o mundo adulto e suas contradições, fornecendo-lhe um instrumental, por meio da aquisição de conteúdos e da socialização, para uma participação organizada e ativa na democratização da sociedade.

Os conteúdos ministrados devem ser concretos, fugindo de conceitos abstratos presentes nas outras teorias, e devem estar presentes na vida cotidiana, privilegiando a aquisição do saber, de forma crítica para que se possam entender os contextos dos acontecimentos que rodeiam o discente. Segundo Libâneo (1982, p.32):

Os métodos de uma pedagogia crítico-social dos conteúdos não partem, então, de um saber artificial, depositado a partir de fora, nem do saber espontâneo, mas de uma relação direta com a experiência do aluno, confrontada com o saber e relacionada a prática vivida pelos alunos com os conteúdos propostos pelo professor, momento em que se dará a "ruptura" em relação à experiência pouco elaborada. Tal ruptura apenas é possível com a introdução explícita, pelo professor dos elementos novos de análise a serem aplicados criticamente à prática do aluno. Em outras palavras, uma aula começa pela constatação da prática real, havendo, em seguida, a consciência dessa prática no sentido de referi-la aos termos do conteúdo proposto, na forma de um confronto entre a experiência e a explicação do professor. Vale dizer: vai-se da ação à compreensão e da compreensão à ação, até a síntese, o que não é outra coisa senão a unidade entre a teoria e a prática.

Estas tendências influenciaram diretamente a prática docente no ensino de Física, de modo que se sobressaíram, as tendências tradicionais, escolanovista, tecnicista, e crítico-social dos conteúdos.

Na tendência tradicional, o professor detém toda autoridade em sala de aula, expondo os conteúdos, como verdades absolutas. Um bom exemplo disso é a Lei da Gravitação Universal:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

onde: \vec{F} é a força de atração gravitacional entre os dois corpos, G é a constante gravitacional que tem o valor de $6,67408 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$, m_1 é a massa do corpo maior, m_2 é a massa do corpo menor e r^2 é a distância. E esta informação é algo imposto ao aluno que possui a incumbência de aceita-la, compreendê-la e acertar as questões sobre esse assunto que cairão na prova.

Diferentemente, na tendência escolanovista, quando um aluno se mostra interessado, o professor pode intervir para ajudá-lo, deste modo, ao demonstrar interesse pela Lei da Gravitação Universal, o aluno busca por conta própria descobrir suas implicações, os motivos, isso pode ser feito sem que haja uma sequência lógica, em outras palavras, o interesse deve partir dos alunos.

Em contrapartida, na tecnicista, os conteúdos vistos são apenas aqueles necessários na atividade laboral para qual o curso se propõe a formar profissionais, e apenas as informações necessárias de cada conteúdo. Por exemplo, na Lei da Gravitação Universal, importa saber

que o corpo de maior massa vai atrair o corpo de menor massa, e que a força resultante é dada pela equação,

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

e, que a “letra G” possui o valor de $6,67 \times 10^{-11}$, o professor pode nem se importar em dar as unidades de medida. As relações citadas anteriormente sobre sua relação com a terceira lei de Newton ou com a teoria da relatividade, não importam para que o aluno apenas realize o cálculo daquela força.

E na tendência crítico social dos conteúdos, é necessário que haja uma programação para os assuntos, contudo os assuntos devem gerar discussões entre os alunos de modo que eles possam discutir e fazer uma análise crítica daquilo, fazendo um paralelo com sua realidade.

2.3 O Ensino de Física nos Livros Didáticos com Enfoque na Termodinâmica

O ambiente escolar gera conhecimento, em diferentes situações, em algumas visões deformadas do conhecimento científico que são reproduzidos e criados pelos professores, como pelos livros didáticos que são disponibilizados aos alunos em toda rede de Ensino brasileiro. A análise do livro didático deve esclarecer aspectos sobre a ocorrência ou não de visões de ambiente escolar como formador de conhecimento (PEREZ, 2012). Os Parâmetros Curriculares nacionais (PCN's) para o Ensino Médio juntos com PCN+ trazem as habilidades que os alunos devem obter:

Espera-se que o Ensino de Física, na escola, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas (BRASIL 2000, p. 22).

O livro didático possui uma importância fundamental para que possa ocorrer o desenvolvimento do ensino-aprendizagem, como diz Peduzzi e Cordeiro, 2012, p. 183-184 “podemos destacar três pontos: saber, professor e aluno; podemos creditar a cada um deles sua parcela de participação na construção do conhecimento”. Como um dos objetivos principais o ensino dos conceitos físicos, e por isso, não consigo imaginar o livro por si só, seria um instrumento capaz de educar o aluno, seria tremendamente difícil em virtude do

conteúdo possuir muitas formulas e conhecimentos de difícil compreensão para leigos, possivelmente faltaria espaço e conhecimento para aborda todo livro didático.

Dentro do Ensino de Física na Educação Básica, o Ensino do conteúdo da Termodinâmica, possui uma das maiores implicações na Física, tendo em vista dela se uma área da Física que teve seu desenvolvimento baseada em experimentos, tornando-a quase irrefutável. Conforme mostra nos PCN's para o Ensino Médio

A termodinâmica, por sua vez, ao investigar fenômenos que envolvam o calor, trocas de calor e de transformações da energia térmica em mecânica, abre espaço para uma construção ampliada do conceito de energia. Nessa direção, a discussão das máquinas térmicas e dos processos cíclicos, a partir de maquinas e ciclos reais, permite a compreensão da conservação de energia em um âmbito mais abrangente, ao mesmo tempo em que ilustra importante lei restritiva, que limita processos de transformação de energia, estabelecendo sua irreversibilidade (BRASIL 2000, p.25)

O Ministério da Educação - MEC é o órgão responsável pela escolha do livro que melhor supri as necessidades de cada região do Brasil.

Com relação à compra e a distribuição dos materiais didáticos e literários selecionados pelo Ministério da Educação no âmbito da Secretaria de Educação Básica (SEB), é importante ressaltar que são de responsabilidade do fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação Básica (FNDE), cabendo a este órgão também a logística do provimento e do remanejamento dos materiais didáticos para todas as escolas públicas do país cadastrados no censo escolar (MEC 2017, p. 145).

Para avaliar tais livros, devem estar inscritos no Plano Nacional do Livro Didático - PNLD e terem sido aprovados em avaliação pedagógica previamente realizadas em parcerias com Universidade Públicas. O PNLD tem como objetivo principal a distribuição gratuita dos livros didáticos das componentes curriculares de Ensino da educação Básica brasileira. Sendo este plano executado em ciclos de três em três anos.

3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID PAUL AUSUBEL E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DA TERMODINÂMICA

A construção de uma Sequência Didática é uma grande ferramenta de apoio para professor (a) na hora de organizar e realizar suas atividades em sala de maneira que possa desenvolver os conteúdos propostos. Nesta dissertação trabalharemos a teoria de David P. Ausubel.

3.1 Aprendizagem Significativa de Ausubel

Durante o desenvolvimento de uma sequência didática, uma importante informação que sempre deve ser avaliada é a obtenção dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. David Ausubel trata em sua teoria que qualquer nova informação precisa ser relacionada com determinada estrutura de conhecimento já existente na cognição do aluno.

Em sua teoria, Ausubel estabelece de maneira sistemática a explicação do processo de aprendizagem, indicando caminhos para a educação em geral. Esta teoria estabelece de maneira sistemática a explicação do processo de aprendizagem, indicando caminhos para a educação em geral.

Filho de imigrantes judeus, o pesquisador norte-americano David Paul Ausubel afirmava que quanto mais sabemos, mais possuímos a capacidade de aprender. A partir de suas próprias palavras, "se tivesse que reduzir toda psicologia escolar a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine de acordo"(AUSUBEL, 1978, p. 4). Tornou-se mundialmente conhecido por ter proposto o conceito de Aprendizagem Significativa, tema que será abordado nesse artigo, não em objetivo de completude, mas a partir de uma argumentação que pretende mostrar a importância em se conhecer a realidade contextual do sujeito que aprende como facilitadora de seu processo de aprendizagem. (FREITAS; SALVIANE, 2007, p 7-8).

Ausubel, em 1973, a define em termos gerais afirmando que:

A Aprendizagem Significativa é o processo pelo qual um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do estudante, de modo que o conhecimento prévio do educando interage, de forma significativa, com o novo conhecimento que lhe é apresentado, provocando mudanças em sua estrutura cognitiva (SILVA; SCHIRLO, 2014, p. 2).

Neste sentido, percebemos que a aprendizagem significativa é o processo que ocorre quando uma nova informação, ou seja, um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 1997).

A Não-arbitrariedade por sua vez, dizer que um material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento com os conhecimentos prévios, ou seja, as informações já existentes na estrutura cognitiva desse aluno. Entretanto, este relacionamento não funciona com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas com os conhecimentos relevantes que este aluno traz consigo, os quais Ausubel denominam de subsunções.

No caso da substantividade está significa que o que está sendo incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, ou seja, das novas ideias, não as palavras que são definidas e usadas para expressá-las. Nessa situação a mesma concepção ou a mesma proposição podem ser apresentadas de várias maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, semelhantes em termos de significados. Deste modo, uma aprendizagem significativa não pode subordinar-se do uso exclusivo de determinados signos em particular (MOREIRA, 2011) (MOREIRA, 2011).

Segundo MOREIRA (1979), Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos.

Quando a teoria de Ausubel foi apresentada, em 1963, as ideias behavioristas predominavam em todo universo escolar. Acreditava-se fortemente na influência do meio sobre o sujeito. O conhecimento prévio do aprendiz não era valorizado na busca por novas aprendizagens. Pensava-se que somente poderia ser aprendido algo caso ensinado por alguém. Mas a nova concepção de ensino e aprendizagem proposta seguiria uma linha distinta: aprender significativamente passaria a ser visto como uma ampliação das ideias previamente existentes na estrutura mental (cognitiva) do sujeito, as quais o permitiriam ampliá-las a partir de relações estabelecidas com novas aquisições cognitivas. (SILVA; MOURA; DEL PINO, 2017, p. 53).

Ou seja, para aprender de maneira significativa o aluno disposição, ou vontade de querer relacionar o novo conteúdo de maneira não-literal e não-arbitrária ao seu conhecimento prévio. Independente de quão potencialmente significativa seja essa nova informação (um conceito ou uma proposição, por exemplo), se a intensão desse aluno for apenas a absorção do uso da memorização, ou seja, ele irá aprender essa informação de maneira arbitrária e literal, a aprendizagem se tornará mecânica (MOREIRA, 2012). Em suma, a essência do processo da “aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a [...] algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação” (MOREIRA, 1997, p.2).

Tomando por base a afirmação acima, é possível indagar sobre a forma como um novo conceito sempre terá uma âncora adequada para incorporá-lo à estrutura cognitiva daquele quem aprende, até mesmo em caso negativo, a relação do material de aprendizagem com a cognição não originará significados para os alunos. A esse tipo de aprendizagem, não é preferível na teoria de Ausubel, pois, a mesma se caracteriza na literalidade e arbitrariedade e é, portanto, denominada mecânica ou automática (COSTA, 2014).

Essa aprendizagem se caracteriza pela interação entre os novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, os quais constituem, (MOREIRA, 1979; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Moreira (2012) afirma que para facilitar o papel do professor, temos pelo menos quatro tarefas fundamentais:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com mais poder explanatório e propriedades integradoras, organizando-os hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos específicos;
2. Identificar quais subsunções (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo;
3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe, determinando dentre as subsunções especificamente relevantes (previamente identificados ao "mapear" e organizar a matéria de ensino) quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno;
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura significativa nessa área de conhecimento, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura conceitual da matéria de ensino, mas também a estrutura cognitiva do aluno no início da instrução.

Ausubel define o conjunto organizado de informações, conceitos e ideias, presentes na mente do indivíduo, como estrutura cognitiva. Esta estrutura está então, em constante mudança, e cada vez que uma nova informação é adquirida, ela é ampliada e reconfigurada.

Aprender para Ausubel significa ampliação da estrutura cognitiva, e a nova informação é de alguma forma ligada a ela.

3.2 Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa

David Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo aquela em que o aluno aprende novos conhecimentos, informações, ideias ou conceitos, com pouca ou nenhuma interação com o seu conhecimento prévio. Contudo, este novo conhecimento também irá se relacionar com algo na estrutura de conceitos do aluno, entretanto, terá pouca relação a algum conceito relevante. Neste caso, esta nova informação tende a ser armazenada de forma arbitrária e literal, não ocasionando novos significados (AUSUBEL, 2003).

Quando o material de aprendizagem é relacionável à estrutura cognitiva somente de maneira arbitrária e literal que não resulta na aquisição de significados para o sujeito, a aprendizagem é dita mecânica ou automática. A diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na racionalidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal (ibid.). Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos (MOREIRA, 2011).

Portanto, aprendizagem significativa não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece. A assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, porém não é um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é provável que aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa (MOREIRA 2012, p. 4).

Uma das principais críticas à aprendizagem mecânica, é que ela tende a ser volátil. Quando se utiliza a famosa “decoreba” para um teste, é provável que dias após o teste ter passado o sujeito já não lembre o que estudou. Memorização, replicação e esquecimento, exatamente nessa ordem. Outra crítica é a incapacidade de transformação do conhecimento adquirido para que seja aplicado em novas situações problema, por ser adquirida de maneira literal, ao pé-da-letra (MACIEL, 2016).

Apesar de a aprendizagem mecânica parecer ser ineficiente, porém, em casos que o sujeito ainda não possui nenhuma ideia ancora ou conhecimento prévio específico para que o novo conhecimento seja relacionado, deve-se utilizar a aprendizagem mecânica para lançar algum subsunçor específico, e então prosseguir. Como exemplo, mencionamos a Física

Quântica, que muitos conceitos são passados de maneira a serem memorizadas, pois o aprendiz não possui subsunçores que possam ser relacionados de maneira satisfatória. Analogias podem ser feitas, mas possuem suas limitações.

A aprendizagem significativa apresenta diversas vantagens com relação à aprendizagem mecânica, conforme Pelizzari (2002, p. 38-39):

- 1 – A aprendizagem, por ser construída a partir de um processo de modificação da estrutura cognitiva do estudante através de rearranjos torna-se mais duradoura.
- 2 – Por partir de conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, facilita a aquisição, compreensão e relação de novos conceitos.
- 3 – Por construir e relacionar as novas informações baseados num conhecimento já existente, o conhecimento é preservado, ou seja, tem-se uma memória de longa duração.
- 4 – A aprendizagem acontece de forma individual, pois depende de cada indivíduo e sua bagagem de experiências para essa significação.

Para tanto, Ausubel (2003), aponta duas condições essenciais para que ocorra a aprendizagem significativa. A primeira refere-se ao material utilizado, ou seja, o que deva ser aprendido, tem que estar relacionado à estrutura cognitiva do aluno, de maneira não arbitrária e não literal. Fabro (2018, p. 24) "Ou seja, o material exposto deve ter uma estrutura organizada, com conceitos seguindo uma sequência lógica, a fim de favorecer o estudante condições de construir significados".

“A outra condição é que o aprendiz manifeste disposição para relacionar, de maneira adequada, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva” (FABRO, 2018, p. 24). De fato, segundo Ausubel (2003), não importa o quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, pois se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, tanto o processo de aprendizagem como o seu produto serão mecânicos.

Partindo da Aprendizagem Significativa, segundo a teoria de David Ausubel é aquela que se associa de forma substantiva, não literal e não arbitrária a algum conceito específico da estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2012). Este conceito é chamado de subsunçor, como mencionado anteriormente, tendo um papel fundamental na aprendizagem significativa, sendo ancoradouro do novo conhecimento, de modo que este passe a ter um significado para o aluno, onde este irá assimilar, entender e aprender este conceito (MACIEL, 2016).

Dessa maneira, podemos dizer que a aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento se ancora aos conhecimentos já existentes do aluno, ou seja, os seus conhecimentos prévios. (MACIEL, 2016). "[...] Dessa forma, existe uma interação entre os novos conceitos, mais relevantes, com aqueles que os servem de ancoradouro, sendo ambos modificados nesse processo [...]". (SILVA; MOURA; DEL PINO, p. 54). “Os subsunçores podem ter maior ou menor estabilidade cognitiva. Podem ser mais ou menos elaborados, pois

à medida que servem de ancoradouro, estes também se modificam [...]”. (MACIEL, 2016, p. 30), neste caso, o processo é interativo.

Podem ser mais ou menos elaborados, pois à medida que servem de ancoradouro, estes também se modificam. O processo é interativo. A cada nova aprendizagem significativa, os subsunçores se tornam cada vez mais estáveis, mais claros e com mais significado. Quanto mais Subsunçor: ancoradouro do novo conhecimento. Será bem definido ao longo do texto ativo este processo interativo, mais úteis e significativos se tornam os conceitos.

Para tornar este processo mais ativo David Ausubel recomenda o uso de Organizadores prévios (MOREIRA, 2001). A Aprendizagem Significativa pode ser:

- Representacional, que é basicamente compreender o significado para símbolos ou palavras;
- Proposicional subordinada, quando um novo conceito é assimilado a conceitos específicos existentes na estrutura cognitiva do sujeito;
- Proposicional superordenada, quando o novo conceito surge do relacionamento entre significados de ideias já existentes na estrutura cognitiva, aí então o sujeito passa a assimilar isto;
- Proposicional combinatória, quando o novo material, passa a se relacionar a um conjunto amplo e relevante, e não especificamente a ideias subordinadas ou superordenadas (MOREIRA, 2011).
- De maneira geral a aprendizagem proposicional é aquela que o sujeito passa a dar significado a novas ideias no formato de proposições (MOREIRA, 2012b).
- Para tornar este processo mais ativo David Ausubel recomenda o uso de Organizadores prévios (MOREIRA, 2001). Neste caso, a Aprendizagem Significativa pode ser:
 - Representacional, que é basicamente compreender o significado para símbolos ou palavras;
 - Proposicional subordinada, quando um novo conceito é assimilado a conceitos específicos existentes na estrutura cognitiva do sujeito;
 - Proposicional superordenada, quando o novo conceito surge do relacionamento entre significados de ideias já existentes na estrutura cognitiva, aí então o sujeito passa a assimilar isto;

- Proposicional combinatória, quando o novo material, passa a se relacionar a um conjunto amplo e relevante, e não especificamente a ideias subordinadas ou superordenadas (MOREIRA, 2011).

De maneira geral a aprendizagem proposicional é aquela que o sujeito passa a dar significado a novas ideias no formato de proposições (MOREIRA, 2012).

3.3 Premissas Básicas para a Aprendizagem Significativa

Duas condições básicas são necessárias para que a aprendizagem significativa ocorra. Uma das condições é que o material a ser aprendido, deve ser de algum modo, relacionável ao que o aprendiz já sabe. Isso remete ao fato de que o conhecimento prévio é muito importante. Um material capaz de ser relacionável de maneira não arbitrária e não literal a estrutura cognitiva do sujeito é chamada de material potencialmente significativo.

A outra condição é que o aprendiz manifeste disposição para relacionar, de maneira adequada, o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. De fato, segundo Ausubel (2003), não importa o quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, pois se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, tanto o processo de aprendizagem como o seu produto serão mecânicos.

A outra condição é que o aprendiz tenha pré-disposição em aprender. Ele deve manifestar uma disposição em relacionar de maneira substantiva, não literal e não arbitrária o novo conhecimento à sua estrutura cognitiva. Logo, de nada adianta o material ser potencialmente significativo se a intenção do aprendiz for a de simplesmente memorizar de maneira arbitrária e literal (MOREIRA, 2006).

De mesmo modo, se o aprendiz manifesta a pré-disposição em aprender e o material não estiver próximo aquilo que ele já conhece, provavelmente não haverá Aprendizagem Significativa.

3.4 Organizadores Prévios

Para Ausubel (2003) a variável isolada mais importante para que a aprendizagem significativa ocorra é o conhecimento prévio do aprendiz, a definição de aprendizagem significativa é aquela que o novo material de aprendizagem é relacionado de maneira não literal e não arbitrária a este conhecimento prévio. Buscando essa relação, o autor sugere o

uso de organizadores prévios, como materiais introdutórios que servirão como uma espécie de ancoradouro para o novo conhecimento (MOREIRA, 2006).

Quando o aprendiz não possui subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos, costuma-se pensar que o problema pode ser resolvido com os chamados organizadores prévios, solução proposta até mesmo por Ausubel, mas que, na prática, muitas vezes não funciona.

Segundo Ausubel (1978, p. 171), "a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara". "Um organizador prévio deve ser mais geral, mais inclusivo e em maior nível de abstração em relação ao material de aprendizagem. A condição é que preceda a apresentação do material. Há dois tipos de organizadores prévios, expositivo e comparativo". (Maciel, 2016, p. 32).

Quando o aprendiz não possui um conhecimento claro e conciso para o novo material ser ancorado, o organizador prévio supostamente faz a ponte entre o conhecimento prévio e o material de aprendizagem (expositivo). Quando o material possui uma relação familiar, neste caso, o organizador prévio desempenha um papel comparador, que deve ajudar o aprendiz a relacionar os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva (comparativo..

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. (MOREIRA, 2012, p. 2).

Para a construção da aprendizagem significativa, Ausubel (2003) recomenda o uso de organizadores prévios, que são definidos por ele como materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, fazendo com que o estudante tenha condições de estabelecer relações entre o conteúdo a ser aprendido e o que já conhece. Com relação aos conhecimentos prévios, Moreira e Masini, baseados nas ideias de Ausubel (2001, p. 21), afirmam:

A principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes cognitivas".

Os referidos organizadores prévios são considerados mais eficientes quando apresentados no início das tarefas de aprendizagem, do que se introduzidos juntamente com o material aprendido. Moreira e Masini (2001) destacam que os mesmos precisam ser

formulados em termos familiares aos estudantes, com uma linguagem clara, boa organização, coerência e sequência lógica, tendo assim uma composição pedagógica.

Após acontecer a interação entre os novos conceitos e os subsunçores dos estudantes, é necessário ir progressivamente avançando, ou seja, buscando maiores especificidades. Esta fase é chamada de diferenciação progressiva, que é definida como parte do processo educativo, quando o educador aponta os conceitos mais gerais e inclusos e, aos poucos, segue para as especificações e os detalhamentos do conteúdo. (FABRO, 2018). Esta fase é justificada em Moreira e Masini 2001, p. 29-30, por duas hipóteses:

- a) É mais fácil para todo o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas; b) a organização do conteúdo de uma determinada disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Juntamente a essa construção progressiva de significados de diferentes graus, deve-se explorar as relações entre proposições e conceitos, apontando similaridades e destacando as diferenças, o que deve ser feito para atingir o que Ausubel (2003) chama de reconciliação integradora. Esta ocorre quando dois ou mais conceitos, relacionando-se em termos de seus significados, de forma significativa, integram-se formando assim um novo conceito de maior significado. (FABRO, 2018).

Ausubel define o conjunto organizado de informações, conceitos e ideias, presentes na mente do indivíduo, como estrutura cognitiva. Esta estrutura está então, em constante mudança, e cada vez que uma nova informação é adquirida, ela é ampliada e reconfigurada. Aprender para Ausubel significa ampliação da estrutura cognitiva, e a nova informação é de alguma forma ligada a ela.

Ausubel apresenta ainda vários outros conceitos e aborda algumas metodologias de ensino-aprendizagem em sua teoria, os quais foram considerados neste trabalho. Na construção da sequência didática realizada, procurou-se utilizar ferramentas diversas para apresentação do conteúdo, e através de recursos experimentais e tecnologia, demonstrar os fenômenos propostos, e conseguir, principalmente, instigar os alunos a pensarem e refletirem sobre a natureza dual da luz, sabendo sua importância para o desenvolvimento de toda a Física contemporânea. Partiu-se de ideias mais gerais e inclusivas, possibilitando aos alunos relacionar conceitos-chave já estudados e progressivamente fazer associações e chegar aos conceitos mais específicos.

4 EXPLORANDO A TERMODINÂMICA

A Termodinâmica é a junção de dois conceitos bem conhecidos do ser humano que são *calor* e *movimento*, do Grego *therme* (calor) + *dynamis* (movimento), mas foi só no início do século XVII essa área da Física ganhou força, tendo como seu principal pesquisador o Químico e Físico Irlandês Robert Boyler, que evidenciou as relações macroscópicas existentes entre temperatura, volume e pressão nas substâncias gasosas (BORGNAKKE; SONNTAG, 2018; NUSSENZVEIG, 2012; ALONSO; FINN, 1968)

A partir dos experimentos realizados por Boyler, gerou-se leis que explicam o comportamento de sistemas físicos macroscópicos. De acordo com Sears e Zemansky (2008, p. 179)

“a Termodinâmica constitui uma parte indispensável dos fundamentos da Física, da química e da biologia, e encontra aplicação em áreas como motores de automóveis, refrigeradores processos bioquímicos e as estruturas das estrelas”.

Neste capítulo, estudaremos os principais conceitos da Termodinâmica. Dando ênfase aos conceitos de temperatura e calor com relação aos seus processos de transmissão e suas leis.

4.1 Lei Zero da Termodinâmica

Para enuncia-se a lei Zero da Termodinâmica, é importante que estudemos primeiro alguns conceitos como temperatura, termômetros e escalas.

4.1.1 Temperatura

A temperatura é uma propriedade bem familiar, que possui uma concepção alternativas (BORGNAKKE; SONNTAG, 2018). Intuitivamente tem-se a noção de temperatura de um corpo associado ao tão quente está o corpo. Cientificamente, sabemos que ao entrar em contato dois corpos, um quente e o outro frio, o corpo quente esfria e o corpo frio aquece, se os corpos continuarem por um determinado tempo, eles possuirão a mesma temperatura.

Devido as inúmeras dificuldades em definir temperatura, define-se igualdade de temperatura. Considerem-se dois blocos de cobre, um quente e o outro frio, cada um desses corpos está em contato com um termômetro de mercúrio. Colocando os dois corpos em contato térmico¹, após um certo tempo, observa-se que ocorre uma variação na resistência

elétrica dos copos de cobre, o corpo que estava inicialmente quente apresentou uma diminuição na sua temperatura enquanto o corpo inicialmente frio apresentou um aumento, mantendo os corpos em contato por um período, não haverá nenhuma mudança na resistência elétrica de ambos os corpos.

Quando os corpos estão em contato térmico, o comprimento de um dos lados dos blocos quentes decresce com o tempo, enquanto um lado do bloco frio cresce com o tempo, após passar um determinado período, não é observado mudanças nos comprimentos dos blocos. O termômetro no bloco quente diminuiu o volume, enquanto a coluna de mercúrio do bloco frio se expande, até que se note nenhuma variação nas colunas de mercúrio de ambos os corpos. Portanto, os dois corpos possuem igualdade de temperatura quando não possuem mudanças, em qualquer propriedade mensurável, quando colocados em contato térmico.

4.1.2 A Lei Zero da Termodinâmica

Coincide novamente dois blocos de cobre, e também um outro termômetro. Colocando em contato térmico com termômetro um dos blocos de cobre que agora chamaremos de bloco *A*, até que possua uma igualdade de temperatura entre eles seja estabelecida, então remove-lo de maneira que não sofre alteração na temperatura. Coloquemos em contato com o outro bloco de cobre que chamaremos de bloco *B*, se não ocorrer variação na coluna de mercúrio do termômetro durante esse processo, afirmamos que os blocos *A* e *B* estão em equilíbrio térmico com o termômetro (BORGNAKKE; SONNTAG, 2018; NUSSENZVEIG, 2012). A lei Zero da Termodinâmica conceitualmente é:

Quando dois corpos têm igualdade de temperatura com um terceiro corpo, eles estão em igualdade de temperatura entre si.

Isso é familiar com a experiência realizada. Como podemos observa, essa afirmação não possui dedução, e traz elementos de formalizações da primeira e segunda lei da termodinâmica. Assim, surgiu a necessidade de estabelecer a lei zero da termodinâmica, (NUSSENZVEIG, 2012).

4.1.3 Termômetro e Escalas de Temperatura

Ao enunciarmos a lei Zero da Termodinâmica na seção 4.1.2, viu-se que ela torna possível o uso de sistemas de teste (termômetros), que são aparelhos que permitem determinar se dois ou mais sistemas (corpos) estão em equilíbrio térmico ao entrar em contato entre si.

O termômetro mais utilizado é o termômetro de mercúrio (como o citado nas seções anteriores para medir a temperatura dos blocos de cobre), que consiste num tubo capilar de vidro fechado e evacuado, com um bulbo numa extremidade, contendo mercúrio, que é substância termométrica. A variação de volume do mercúrio é igualmente bem maior do que a do recipiente.

4.1.3.1 Escala Celsius

A escala padrão adotada no Sistema Internacional de Medidas - SI é a Celsius, que possui dois pontos fixos, o ponto zero (0), que corresponde ao congelamento da água e o ponto de ebulição da água (100). O intervalo entre os pontos fixo zero e cem, divididos em cem partes iguais, que chamados cada repartição de graus (°).

4.1.3.2 Escala Kelvin

Tomando como base a escala Celsius, Lorde Kelvin (William Thomson, 1824- 1907) desenvolveu sua própria escala que leva seu nome, escala Kelvin (K), essa escala é considerada absoluta² ele não possui o símbolo de grau (o). A relação entre as escalas Celsius e Kelvin é:

$$K = ^\circ C + 273,15 \quad (4.1)$$

O zero na escala Kelvin, corresponde a $-273,15$ graus Celsius e, $273,15$ Kelvin é zero Celsius.

4.2 Primeira Lei da Termodinâmica

Nessa seção, trata-se da Primeira lei da Termodinâmica, que estuda a conservação de energia que envolvem transferência de calor e realização de trabalho.

4.2.1 Conservação da energia de um sistema de partículas

Em um sistema contendo várias partículas que estão sujeitas a forças externas, esse sistema também pode ser descrito por uma única partícula, por exemplo uma molécula de hidrogênio (ALONSO; FINN, 1968; SALINAS, 1997).

Tomando a energia potencial $E_{p(ij)}$ devido as interações das partículas i e j , a energia potencial interna do sistema:

$$E_{p(int)} = \sum_{i=1}^j E_{p(ij)} = E_{p(12)} + E_{p(13)} + \dots + E_{p(ij)} \quad (4.2)$$

A energia cinética E_k é obtida de maneira análoga a energia potencial, quando nos referimos ao centro de massa do sistema,

$$E_{k(int)} = \sum_{i=1}^j \frac{1}{2} m_i v_i^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 + m_3 v_3^2 + \dots \quad (4.3)$$

A equação 4.3, definir a energia cinética de cada partícula e a equação 4.2, é a energia potencial para cada termo para cada par de partículas, a energia interna total U do sistema é:

$$U = E_{k(int)} + E_{p(int)} \quad (4.4)$$

Quando atuam forças externas em um sistema de partículas, a energia interna varia. Suponhamos um sistema que inicialmente esteja em estado com uma energia interna U_0 . Forças externas atuam por um determinado tempo modificando a energia interna do estado inicial para um estado final U . O trabalho W_{ext} é o trabalho total feito durante o mesmo tempo que as forças externas atuaram nas partículas do sistema. Um W_{ext} para cada partícula do sistema.

$$W_{ext} = U - U_0 \quad (4.5)$$

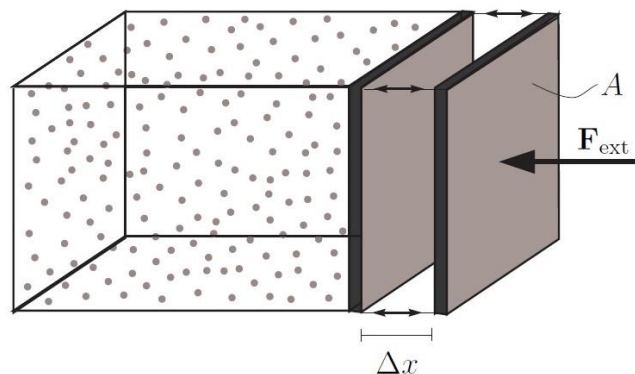
Então, a conservação de energia afirma que: A mudança na energia interna de um sistema de partículas é igual ao trabalho realizado no sistema por forças externas. Pode ser que, mesmo que existam forças externas que atuam sobre o sistema, o trabalho total realizado por essas forças é zero: $W_{ext} = 0$. Em caso onde não há nenhuma mudança na energia interna, ou seja: $U = U_0$. Se o trabalho é feito no sistema (W_{ext} positivo), sua energia interna aumenta ($U > U_0$), mas se o trabalho é feito pelo sistema (W_{ext} negativo), sua energia interna diminui ($U < U_0$) (NUSSENZVEIG, 2012; ALONSO; FINN, 1968).

4.2.2 Trabalho

Em um sistema termodinâmico que possui um grande número de partículas, considerando o trabalho W desse sistema como uma soma de todas as partículas, torna-se muito difícil determinar o trabalho externo W_{ext} como uma função que engloba os conceitos físicos, calor e trabalho (NUSSENZVEIG, 2012).

Considerando-se, um gás no interior de um cilindro como ilustrado na Figura 1. Segundo Alonso e Finn (1968) o gás pode trocar energia e momento com o meio externo através dos choques e interações de suas moléculas com as moléculas das paredes do cilindro.

Figura 1 – Trabalho realizado durante a expansão de um gás.



Fonte: (GOBBI 2006, p. 35).

A troca de momento é dada pela força exercida por cada molécula no ponto de colisão com a parede. Essas forças variam de ponto a ponto, mas como há um grande número de colisões espalhadas por uma grande área, o efeito total pode ser representado por uma força

média atuando em toda área. A pressão p do gás é definida como a força média por unidade de área

$$p = \frac{F}{A}. \quad (4.6)$$

Supondo que uma das paredes da figura 1, for móvel, a força exercida pelo gás produzirá um deslocamento Δx na parede. A troca de energia do sistema com o meio externo é o trabalho feito por esse meio durante o deslocamento;

$$dW = F_{ext} \cdot \Delta x, \quad (4.7)$$

substituindo a equação 4.6 em 4.7:

$$dW = p \cdot dV, \quad (4.8)$$

onde dV é a variação do volume do gás. Quando o gás variar seu volume de V_0 a V , calcula-se o trabalho externo W_{ext} realizado pelo gás durante a expansão como:

$$W = \int_{V_0}^V p \cdot dV. \quad (4.9)$$

Não iremos detalhar nessa proposta de pesquisa, a relação do produto ($p \cdot dV$), para obter a solução da equação 4.9. Analisando novamente a figura 1, obtemos o trabalho externo sobre o gás:

$$W_{ext} = - \int_{V_0}^V p \cdot dV. \quad (4.10)$$

4.2.3 Calor

O conceito de calor é um pouco diferente da escrita da palavra, é importante compreendermos bem o seu conceito, pois é fundamental no estudo da Termodinâmica. Por exemplo, se pegamos um bloco (de cobre) quente e imersas em um recipiente com água fria, esse bloco esfriará e a água se aquecerá, isso ocorre por que há uma transferência de energia do bloco de cobre à água, à esse processo de transferência de energia denomina-se de calor:

O calor é a forma de transferência de energia através de fronteira de um sistema, numa da temperatura, a um outro sistema, que apresenta uma temperatura inferior.

Segundo Borgnakke e Sonntag (2018), o calor é transferido do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, esse processo ocorre unicamente devido a diferença de temperatura dos dois sistemas. No sistema internacional de unidade (SI), o calor possui o símbolo Q , e sua unidade é o Joule (J). O calor pode ser caracterizado como positivo, quando o calor transferido para um sistema e negativo quando o calor transferido se conserva. Portanto, o sistema apresenta um aumento de energia no sistema quando o calor transferido é positivo, e apresenta uma diminuição de energia no sistema se a transferência de calor é negativo. Em processos onde a transferência de calor for zero ($Q = 0$) o processo é adiabático.

4.2.4 Transferência de calor

A transferência de calor pode ocorrer por três processos, condução, convecção e radiação (RESNICK; HALLIDAY; WALKER, 2001; BÔAS; DOCA, 2007). Vamos estudar essas três maneiras a começa pela condução.

4.2.4.1 Condução

Quando dois corpos de diferentes temperaturas entram em contato térmico, as moléculas mais energéticas em média transferem energia para as moléculas que em média são menos energéticas, essa forma de transferência de energia entre moléculas chamamos de transferência de calor por condução. Esse fenômeno pode ocorrer em sólidos e líquidos, mas é predominantemente presente nos meios sólidos.

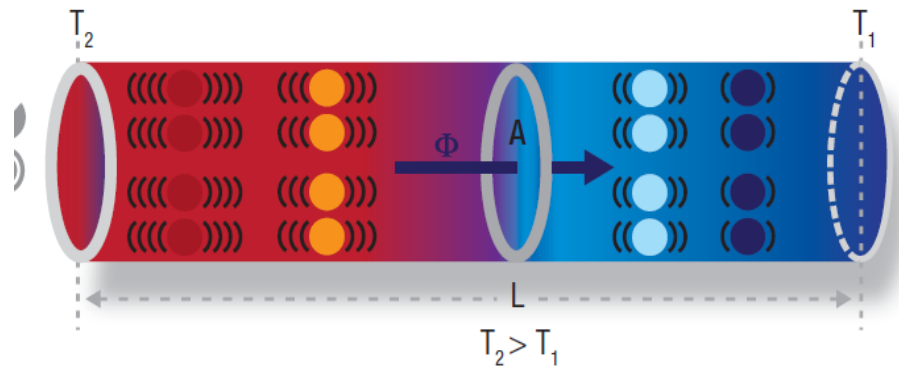
A Figura 2 a considere como sendo uma haste homogênea com temperaturas distintas em suas extremidades, como um espeto de metal que uma segura em uma extremidade enquanto coloca a outra extremidade no fogo. Suponha que o calor só se propaga ao longo da haste e que a temperatura diminui gradativamente, da extremidade mais quente para a mais fria. O fluxo de calor transmitido de uma extremidade à outra, esse processo pode ser expresso matematicamente pela lei de Fourier da condução:

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx}. \quad (4.11)$$

A equação 4.11, expressa a taxa de transferência de calor por condução em função da diferença de temperatura e também da habilidade da substância realizar a transferência de

energia, k é a condutividade térmica, A é a área total, e proporcional a taxa de transferência de calor, o sinal de menos (-) justifica que a transferência de calor aconteça do corpo de maior temperatura pra o corpo de menor temperatura.

Figura 2 – Transferência de energia na forma de calor em um sólido.



Fonte: MORO; ANDRE 2016, p. 6.

A derivada primeira é o calor transferido para um sistema por unidade de tempo ($\dot{Q} = \frac{d\delta}{dt}$) calor é definido por uma integral de linha de um ponto a à b e apresenta uma diferencial inexata, matematicamente:

$$\int_a^b \delta Q = Q. \quad (4.12)$$

O lado direito da equação 4.12 pode ser escrito pelo produto transferência de calor (q) com a massa m do sistema

$$Q \approx q \cdot m. \quad (4.13)$$

4.2.4.2 Convecção

A transferência de calor por convecção ocorre quando o movimento da substância como um todo desloca matéria que apresenta um certo nível energético sobre uma superfície diferente de matéria que esco. A convecção é expressa pela lei de resfriamento de Newton

$$\dot{Q} = hA\Delta T, \quad (4.14)$$

o coeficiente de transferência de calor por convecção h e ΔT é a variação da temperatura (BÔAS; DOCA, 2007; NUSSENZVEIG, 2012).

4.2.4.3 Radiação

De acordo com Scherer (2005) a energia é transmitida na forma de onda eletromagnética. Esse tipo de onda pode se propagar tanto em meios materiais (sólidos, líquidos e gases) quanto no vácuo e representa o processo de propagação de calor do Sol até a Terra. Isso porque a condução e a convecção térmica necessitam exclusivamente de meios materiais para a propagação do calor. A radiação necessita apenas de um corpo emissor e outro corpo absorvedor de energia, a taxa de emissão superficial de energia é escrita como uma fração de emissividade da taxa de emissão do corpo negro perfeito:

$$\dot{Q} = \sigma \epsilon \Delta T^4, \quad (4.15)$$

onde T^4 é a temperatura da superfície do corpo elevada a quarta potência, é a constante de Stefan-Boltzmann (EISBERG; RESNICK, 1979).

Na equação 4.15, o termo σ (letra grega sigma) representa uma constante de proporcionalidade, denominada constante de Stefan-Boltzmann, igual a:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{WK^{-4}}{m^2}. \quad (4.15a)$$

Em geral um corpo depende da sua temperatura, dimensão e da natureza dos corpos. Porém, a característica do material que se relaciona à sua capacidade de absorver a radiação é denominada *absortividade* (a). A absortividade (a) de um material é igual à emissividade, logo:

$$a = \epsilon. \quad (4.15b)$$

4.2.5 A Primeira Lei da Termodinâmica

Nas seções anteriores, construímos a ideia de calor e trabalho utilizando o cilindro (figura 1). O trabalho total pode ser calculado como a soma do trabalho externo com o calor

$$Q + W_{ext}. \quad (4.16)$$

Utilizando o teorema de conservação da energia expressada por:

$$U - U_0 = W_{ext}, \quad (4.17)$$

sendo $U - U_0$ a variação da energia interna (ΔU), de um ponto inicial a um ponto final, que a firma: *A mudança na energia interna de um sistema de partículas é igual ao trabalho realizado no sistema por forças externas.*

Assim, podemos reescrevermos a equação 4.17

$$U - U_0 = Q + W_{ext}. \quad (4.18)$$

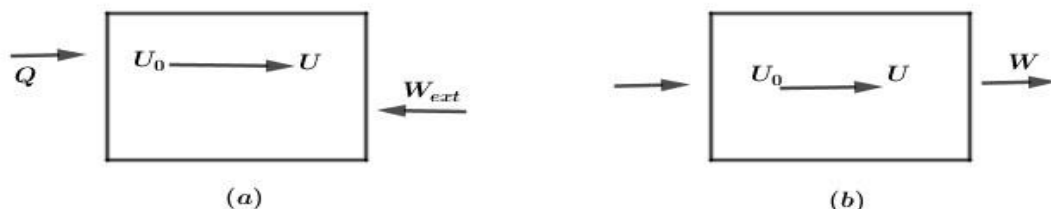
A equação acima diz: *“A mudança na energia interna de um sistema é igual ao calor absorvido com o trabalho externo feito no sistema”.*

A Figura 3(a) ilustra um sistema representativo da equação 4.18, o sistema absorve uma quantidade de calor e um trabalho externo W_{ext} é feito sobre o sistema. A soma $Q + W_{ext}$ é armazenada como variação da energia interna U do sistema. Em determinadas situações o trabalho externo feito no sistema, mas sim o trabalho externo feito pelo sistema (ALONSO; FINN, 1968). Assim, podemos reescrever a equação 4.18:

$$U - U_0 = Q - W_{ext}. \quad (4.19)$$

A Figura 3(b) representa a equação 4.19 diz que, o sistema absorve uma quantidade de calor Q e existe um trabalho W feito pelo sistema, a diferença $Q - W$ é armazenada como energia interna do sistema.

Figura 3 – Relação entre calor trabalho e energia interna.



Fonte: Adaptado de (ALONSO; FINN, 1968).

As equações 4.18 e 4.19 constituem o que chamamos de primeira lei da Termodinâmica. Essas equações expressão a lei da conservação da energia aplicada a

sistemas que possuem um grande número de partículas, com o trabalho externo convenientemente dividido em dois sistemas estatísticos; trabalho e calor.

4.4 Segunda Lei da Termodinâmica e Entropia

Como enunciamos na seção anterior, a primeira lei da Termodinâmica é uma lei de conservação de energia. Porém, ela não diz como o sistema evolui, essa informação é carregada pela segunda lei da Termodinâmica, a função responsável por carregar essa informação e que iremos introduzir é chamada entropia. Historicamente a segunda lei da Termodinâmica possui dois enunciados.

- **Enunciado de Kelvin-Planck:** *é possível construir um dispositivo que opere um ciclo termodinâmico e que não produza outros efeitos do levantamento de um peso e trocar calor com um reservatório térmico.*

Esse enunciado diz que é impossível construir um motor térmico que apresente uma eficiência térmica de 100 °C.

- **Enunciado de Clausius:** *é impossível construir um dispositivo que opere, segundo um ciclo, que não produza outro efeito além da transferência de calor de um corpo frio para corpo quente.*

Diante desses dois enunciados, podemos afirmar que a segunda lei da Termodinâmica tem caráter experimental. Os dois enunciados são equivalentes se a verdade de cada um implicar na verdade do outro, ou se a violação de um implica na violação do outro (BORGNAKKE; SONNTAG, 2018).

Considerando um sistema, embora isolado, não esteja em equilíbrio, podemos assumir que é em uma partição menor probabilidade do que o máximo ou equilíbrio. O sistema evoluir com o tempo devido às interações entre seus componentes ou moléculas, até atingir a partição de probabilidade máxima. Nesse ponto o sistema chega ao equilíbrio estatístico e, posteriormente, aumenta de P (ou $\ln|P|$) não são esperados, a menos que o sistema seja perturbado por uma ação externa (ALONSO; FINN, 1968; BORGNAKKE; SONNTAG, 2018; SALINAS, 1997).

Para descrever esse processo natural ao equilíbrio estatístico pela evolução em direção à partição de probabilidade máxima, introduziu-se o conceito de *Entropia* (S). A entropia é definida por:

$$S = k \ln |P|. \quad (4.20)$$

A constante de Boltzmann k é introduzida devido a relação matemáticas. Desta forma, a entropia de um sistema é proporcional ao logaritmo da probabilidade P da partição correspondente ao estado do sistema.

Esta definição de entropia se aplica a qualquer partição ou estado de equilíbrio ou não, isso contrasta com a temperatura, que é definida apenas para partições ou estados de equilíbrio. A definição precedente também significa que a entropia de um sistema é uma propriedade do estado do sistema e, portanto: quando um sistema passa de um estado para outro, a variação de sua entropia é independente dos processos realizados.

Já que essa mudança é determinada pelas probabilidades das partições inicial e final. É evidente que, para estados de equilíbrio, a entropia pode ser expressa em termos das variáveis macroscópicas que definem o estado. Uma transformação reversível de um sistema, isolado ou não, em que a entropia do sistema não varia, é chamada de transformação isotrópica (ALONSO; FINN, 1968).

5 METODOLOGIA

Este capítulo aborda os procedimentos metodológicos que foram utilizados nesta pesquisa, bem como apontar quais ferramentas foram usadas na condução e análise dos dados, que serão explanados no capítulo dos resultados e considerações finais.

5.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa foi realizada através de um embasamento teórico: por uma revisão literária: em livros, artigos, dissertação e teses, bem como, da observação em salas de aulas e trabalho de campo. Neste trabalho, estudou-se conceitos em Termodinâmica, dando ênfase aos conceitos de temperatura, calor, trabalho e as leis da Termodinâmica. Para o estudo desses conceitos desenvolveu-se uma Sequência Didática em que foi construído um Aquecedor Solar, como instrumento para viabilizar o universo de conceitos e princípios estudados.

5.2 Campo Empírico da Pesquisa

A pesquisa teve como público alvo, alunos da 2ª Série do Ensino Médio, do turno vespertino da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos, no município de Duque Bacelar – MA.

Definido o conteúdo do trabalho e após a revisão de literatura, foram elaborados os planos de aula, que deu o suporte para a construção da sequência didática e do Aquecedor Solar. De acordo com Oliveira (2013), a SD é um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino/aprendizagem.

5.3 Participantes da Pesquisa

A presente pesquisa foi realizada com 15 alunos (de um total de 42) de ambos os sexos (masculino e feminino) da 2ª Série do Ensino Médio turno vespertino da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos localizado no centro do município de Duque Bacelar - MA. Esta participação foi voluntária e os sujeitos, seus responsáveis e a direção escolar detêm conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais a serem realizados. Devido a Pandemia seguimos os

protocolos de prevenção da COVID-19, os estudantes foram distribuídos em três grupos de A à C.

Figura 4 – Representação dos alunos participantes (Turmas A, B e C).



Fonte: Dados do autor.

5.3 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados

Os dados que utilizados nesse trabalho foram coletados no decorrer da aplicação do projeto em sala de aula, por meio de questionários e observações realizadas pelo professor.

Salientado que os registros referentes às observações serão parciais e temporários, sendo realizadas ao final de cada aula, seguindo instruções de Moreira e Caleffe (2006), para que pudessem ser utilizados na elaboração de registros permanentes.

A utilização dos questionários prévios deve como objetivo identificar o conhecimento prévios dos alunos referente aos conceitos e leis da Termodinâmica. Em cada aula será aplicada questões para levantar discussões sobre o assunto a ser trabalhado no dia. E também foi aplicada questões ao fim da aplicação do Aquecedor Solar.

5.4 Análise dos Dados

Os alunos divididos em três grupos distintos, cada grupo contendo 5 integrantes, conforme suas afinidades. Antes da construção do ASBC, os mesmos responderam as perguntas contidas em um questionário diagnostico que foi aplicado com a finalidade de identificar seus conhecimentos prévios. Para a fixação dos conteúdos dos conteúdos vistos em sala de aula, através de uma aula pratica e teórica, os construíram em sala um Aquecedor Solar (seguindo o roteiro de construção do mesmo, detalhado na SD). Por fim, também realizarão uma avaliação com questões discursivas e objetivas ao final da aplicação da Sequência Didática. Todas as respostas que foram fornecidas pelos alunos foram recolhidas pelo professor, que também registrou os comentários relevantes, de alguns alunos, em um diário de aula.

Segundo Ludke e André (2011), o papel da observação nas investigações ocupa um lugar privilegiado em pesquisas educacionais, seja ela o principal método de investigação ou esteja ela associada a outras técnicas de coleta, pois possibilita ao pesquisador um contato pessoal e estreito com o fenômeno investigado (MOREIRA, 1979; OLIVEIRA, 2013).

6 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional que foi elaborado é uma Sequência Didática (SD), sendo idealizada como uma alternativa eficaz para a construção do conhecimento acerca da Termodinâmica. Como afirma Moreira (2005), como estratégia facilitadora de aprendizagem por meio da utilização de experimentos, simulações computacionais, mas conceituais, uso da história da ciência.

6.1 Descrição do Produto

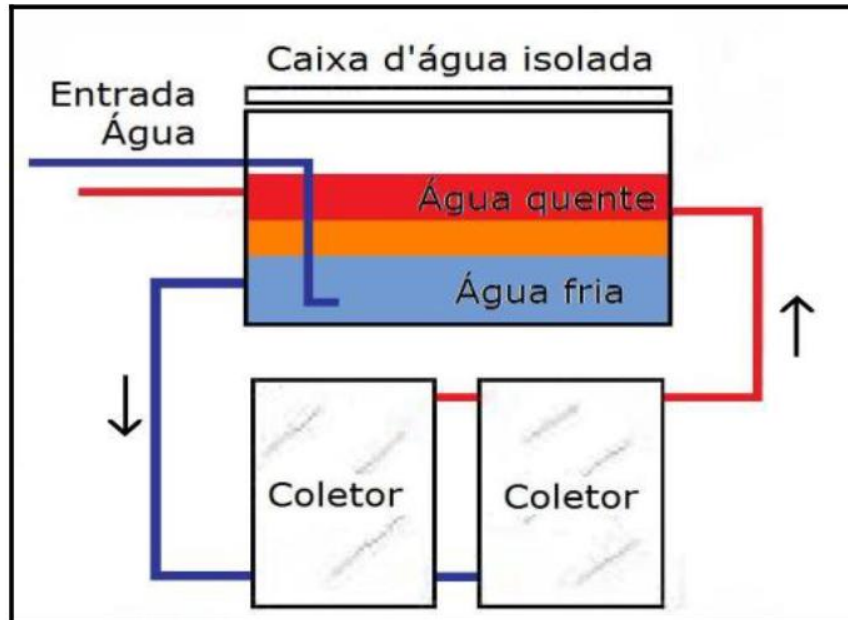
O Produto Educacional – (SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 2º ANO DO ENSINO MÉDIO) – apresentado no Apêndice C deste trabalho, trata-se de uma Sequência Didática (SD) que foi desenvolvida com o principal objetivo de construir um aquecedor solar apresentando os conceitos sobre calor e seus processos de propagação, oferecendo diferentes estratégias de ensino por meio de uma metodologia que estimule, motive alunos, promovendo a Aprendizagem Significativa.

O aquecedor solar é composto basicamente de duas partes: na primeira parte, temos o coletor solar, feito de garrafas PET e canos de PVC (pintadas de preto fosco), e na segunda parte, temos um reservatório de água, ligado a uma torneira.

O funcionamento do ASBC é simples, quando a radiação ultravioleta do sol incide na superfície das garrafas PET pintadas de preto, estas irão absorver a energia solar transferindo-a para a água que está dentro da tubulação. Isso ocorre pelo fato de que o alumínio irá refletir a radiação infravermelha permitindo que a energia solar não seja perdida dentro dessas embalagens. Fazendo com que grande parte da energia solar seja transformada em energia térmica, aquecendo a água (DAMASIO; STEFFANI, 2007).

A Figura 5 ilustra um esquema do funcionamento do ASBC numa visão frontal, na qual o professor poderá explorar os fenômenos físicos envolvidos com o funcionamento desse dispositivo, buscando identificar os três processos de transferência de calor que ocorrem devido à variação de temperatura entre os coletores e o reservatório (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010). Vale destacar, que o reservatório deve ser isolado termicamente a fim de diminuir as trocas de calor com o ambiente (ALVARENGA, 2019).

Figura 5 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d'água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d'água pelo sistema térmico.



Fonte: (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010).

Através da Figura 5, notamos que neste sistema, há um ciclo de trocas de calor envolvendo o aquecedor, iniciando a partir do momento em que a água fria vinda da parte inferior do reservatório começa a descer pelos canos de PVC até chegar aos coletores feitos de garrafas PET (pintadas de preto, tendo a finalidade de aumentar a absorção de calor, permitindo que o aquecimento da água no interior dos canos aconteça de forma mais rápida) para ser aquecida pelos três processos de transmissão de energia por diferença de temperatura: irradiação, condução e convecção térmica (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019).

Nesse esquema a água fria do reservatório, que está ligada na tubulação pela parte baixa do reservatório, quando aquecida, sobe por convecção. O reservatório possui uma camada separação da água quente da fria também por convecção, no entanto, não há separação física; porque a água quente (menos densa) sobe, ao passo que a fria (mais densa) desce (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019). Nesse processo, o volume da água quente é comandado pela diferença de altura entre saída de água fria aos coletores, e o nível da água do reservatório. Neste caso, quanto maior for esta diferença, maior será o volume disponível no final de um dia de aquecimento (SOUZA; MOGAWER, 2004).

Outra informação importante a respeito do funcionamento do ASBC, se dá através da irradiação solar que incide sobre as garrafas, atingindo os canos e as caixas de leite (ambos pintados de preto fosco). Sabemos que qualquer tipo de irradiação eletromagnética (luz visível, luz infra vermelha, luz ultra violeta, raios X, entre outras) está sendo exposto a uma determinada superfície negra é transformada em energia térmica (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

O coletor construído por garrafas PET é basicamente uma superfície negra tendo a função de impedir que a radiação infravermelha emitida sobre os canos aquecidos atravesse novamente para o meio externo, propiciando uma espécie de efeito estufa, que garante temperaturas elevadas no interior da garrafa (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

6.2 Elaboração do Produto

Na elaboração da SD construímos diversas montagens do Aquecedor Solar, passo a passo, utilizando figuras ilustrativas, como modelos para que os alunos possam construí-lo junto ao professor por meio desses modelos. Destacamos que há várias explicações para cada montagem, bem como, a descrição do funcionamento das mesmas para o desenvolvimento de aprendizagem significativa a respeito dos conteúdos de termodinâmica presentes na SD.

Para a construção do produto educacional, SD utilizaremos 10 aulas de 50 minutos sobre temas da Termodinâmica durante as aulas implantaremos a nossa SD e a construção do ASBC. Para aquecedor Solar utilizaremos uma caixa armazenadora de água de 50 litros. Uma peça vidro (espessura 2 mm) de 100 × 75cm. Para complementar o arranjo do Aquecedor Solar será utilizado os seguintes materiais, apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Materiais usados na Construção do ASBC.

Material	Preço por unidade	Preço total
40 embalagens de garrafas PET	R\$ 1,66 (pode ser encontrado na natureza)	R\$ 66,40
11m metros de canos de PVC de 20 mm	R\$ 6,89 (o metro)	R\$ 75, 79
16 conexões T em PVC de 20 mm	R\$ 1,50	R\$ 24,00
04 conexões L (luva) em PVC de 20 mm	R\$ 1,13	R\$ 4,52
02 Tampões em PVC de 20 mm;	R\$ 4,79	R\$ 9,58

03 Flanges de 20 mm;	R\$ 12,89	R\$ 38,67
01 Tinta spray uso geral 400ml Preto Fosco	R\$ 19,57	R\$ 19,57
01 Caixa plástica de 56L (reservatório de água)	R\$ 62,99	R\$ 62,99
01 Cola de PVC	R\$ 16,90	R\$ 16,90
01 Durepoxi	R\$ 8,40	R\$ 8,40
01 Fita adesiva preta	R\$ 3,95	R\$ 3,95
01 Suporte de madeira para apoiar a estrutura;	R\$ 14,03	R\$ 14,03
01 Torneira de plástico;	R\$ 6,90	R\$ 6,90
01 Adaptador com rosca para a torneira	R\$ 1,59	R\$ 1,59
03 Lixa	R\$ 2,75	R\$ 8,25
01 Martelo de borracha	R\$ 16,52	R\$ 16,52
Custo Total	R\$ 182,46	R\$ 378,06

Fonte: Dados do autor.

6.3 Desenvolvimento e Aplicação do Produto Educacional

O desenvolvimento do presente trabalho consiste em levantamento da literatura sobre Sequência Didática aplicada o ensino os usos domésticos e a construção do Coletor Solar, bem como seu uso como instrumento para viabilizar o ensino de conceitos e princípios dentro dos contextos dos conteúdos da Termodinâmica.

Para a aplicação e avaliação metodológica da SD, essa pesquisa foi desenvolvida considerando quatro etapas que se entrelaçam, se complementando e se convergindo para a promoção da aprendizagem significativa. Essas etapas foram divididas em pré-teste, construção e aplicação de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC), pós-teste e apresentação do ASBC a comunidade acadêmica.

1. Na primeira etapa – usaremos um questionário diagnóstico (pré-teste), com a finalidade de verificar e coletar os dados a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos;
2. Na segunda etapa – construiremos o aquecedor solar, aplicando os conceitos de Termodinâmica inseridos no mesmo;
3. Na quarta etapa – aplicamos, após a construção do aquecedor, um questionário final (pós-teste), que consistia em uma avaliação final para verificação metodológica da SD, através de questionamentos sobre o aquecedor e os conteúdos envolvidos, promovendo a apropriação dos conhecimentos envolvidos na construção do ASBC e na interação entre os

alunos com a atividade proposta, com o objetivo de averiguar o quanto a prática influenciou sobre conhecimentos preexistentes dos alunos;

4. Na quarta etapa – Por último apresentaremos o nosso produto à sociedade, na forma de palestras para a comunidade escolar e em eventos científicos. Todas as atividades serão desenvolvidas nas dependências da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos, com os alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Nesse intuito, o produto educacional em questão ajudará a minimizar as dificuldades de aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo de Termodinâmica. Ao final do processo de implementação da SD, espera-se que os alunos compreendam a importância sobre o estudo da propagação de calor, relacionando os conceitos teóricos com situações cotidianas.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Os resultados analisados foram obtidos através das respostas das questões aplicadas no pré-teste, bem como, das respostas contidas nos questionamentos da avaliação do produto educacional (pós-teste) e principalmente da observação da elaboração do aquecedor solar, construído juntamente com o professor/pesquisador deste trabalho.

O pré-teste foi aplicado em sala de aula no dia 13 de setembro de 2021, com um total de 15 alunos que estavam presentes no respectivo dia de aplicação, devido a pandemia da COVID-19. no dia 16 de setembro de 2021 iniciamos a abordagem dos conceitos de calor e seus processos de propagação em sala de aula, com a finalidade de construir subsunções relevantes para a pesquisa.

A aplicação do PE (construção do ASBC) em sala de aula ocorreu no dia 10 de novembro de 2021 com um total de 15 participantes, sendo os mesmos da aplicação do pré-teste. Já na aplicação do pós-teste que disponibilizado no dia 11 de dezembro para todos os participantes da pesquisa. Que responderam e entregaram via e-mail para o professor pesquisador deste trabalho.

7.1 Avaliação das respostas do Pré-teste

Nessa atividade elaboramos perguntas bem simples, do ponto de vista físico, buscando através destas a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre os conteúdos a respeito dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação, que foram propostos antes da aplicação do Produto Educacional. Logo abaixo expomos as questões e as respostas do pré-teste:

O primeiro questionamento feito aos alunos abordava duas alternativas, pedindo aos alunos que eles completassem os espaços em branco com uma das palavras contidas nos parênteses, de maneira que ambas as frases fiquem corretas. No Quadro 1, estão disponibilizadas as respostas para a primeira alternativa (a) dessa questão. Afim de evitarmos repetições, vamos expressar apenas as respostas que foram diferenciadas uma das outras. Destacamos que realizamos esse procedimento para todos os questionamentos desse trabalho.

Quadro 1. Resposta da Questão 1.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
2	sólida ou líquida
13	líquida ou gasosa

Fonte: Dados do autor.

A resposta para esta alternativa foi satisfatória, mostrando que 13 (87%) alunos possuíam subsunçores, enquanto 2 (13%) dos alunos não possuíam uma boa compreensão ou apenas marcaram uma alternativa qualquer sem terem lido a questão devidamente. Visto que um fluido, se trata de uma substância que apresenta capacidade de fluir ou escoar, não possuindo uma estrutura cristalina. Desta forma a resposta correta para essa alternativa, nos fornece a seguinte afirmação, apenas os líquidos e os gases são definidos como fluidos.

Dando continuidade as análises dos subsunçores, a segunda alternativa (b) apresentava quatro opções as quais deveriam ser escolhidas pelos alunos. No Quadro 2, estão disponibilizadas as respostas para a essa alternativa (b).

Quadro 2. Resposta da Questão 1 (b).

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
15	aumentar, diminui, subirão e descerão

Fonte: Dados do autor.

Para alternativa todos os alunos chegaram a mesma conclusão. Isto é, quando um fluido (líquido ou um gás) é aquecido, ele tende a aumentar o seu volume e, conseqüentemente, a sua densidade irá diminuir. Partes de um fluido que sejam menos densas subirão e partes de um fluido que sejam mais densas descerão.

No segundo questionamento feito aos alunos foi apresentado duas figuras, as quais os alunos deveriam retirar informações destas, com a finalidade de responder corretamente esse questionamento, escolhendo uma das alternativas, descritas a seguir:

- a) O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar;
- b) O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia;
- c) O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente;

d) O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental;

e) O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

Quadro 3. Resposta da Questão 2.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
1	Alternativa (d)
5	Alternativa (e)
9	Alternativa (a)

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram equilibradas, mostrando um certo grau de concepções alternativas e/ou não compreensão do questionamento feito aos mesmos. Visto que 1 (7%) aluno marcou a alternativa (d) e 5 (33%) alunos marcaram a alternativa (e). no entanto 9 (60%) alunos marcaram a alternativa correta. Nesta questão, apenas a alternativa (a) está correta, visto que a noite, a água mantém-se aquecida pelo calor recebido durante o dia; o ar aquecido sobe, formando uma zona de baixa pressão. Ao mesmo tempo, em terra, o rápido esfriamento da superfície forma uma zona de alta pressão e o ar continental começa, então, a se deslocar para o mar para cobrir a diferença de pressão, formando a brisa terrestre.

O terceiro questionamento feito aos alunos diz respeito a um termômetro que foi encerrado dentro de um bulbo de vidro onde se faz vácuo. Apresentando 5 alternativas em que uma delas apresentava a resposta correta desse questionamento. Os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: a) eleva-se também, e tende a atingir o equilíbrio térmico com o ambiente. b) mantém-se a 25 °C, qualquer que seja a temperatura ambiente. c) tende a reduzir-se continuamente, independente da temperatura ambiente. d) vai se elevar, mas nunca atinge o equilíbrio térmico com o ambiente. e) tende a atingir o valor mínimo da escala do termômetro.

Quadro 4. Resposta da questão 3.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
1	Alternativa (b)
14	Alternativa (a)

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram satisfatórias, mostrando que os alunos possuíam subsunçores relevantes sobre este assunto, ao qual apenas 1 (7%) aluno marcou a alternativa errada e 14 (93%) alunos marcaram a alternativa correta. Nesta questão, apenas a alternativa (a), como o calor também pode ser transmitido por ondas eletromagnéticas (radiação), a marcação do termômetro eleva-se e tende a atingir o equilíbrio térmico com o ambiente. Portanto, ele vai subir para 30°C também.

O quarto questionamento feito aos alunos diz respeito a uma garrafa de vidro e uma lata de alumínio, cada uma contendo 330 mL de refrigerante, sendo mantidas em um refrigerador pelo mesmo longo período de tempo. Ao serem retiradas do refrigerador com as mãos desprotegidas, a sensação de quem as tirou é de que a lata está mais fria que a garrafa. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: a) a lata está realmente mais fria, pois a capacidade calorífica da garrafa é maior que a da lata. b) a lata está de fato menos fria que a garrafa, pois o vidro possui condutividade térmica menor que o alumínio. c) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, possuem a mesma condutividade térmica, e a sensação deve-se à diferença nos calores específicos. d) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do alumínio ser maior que a do vidro. e) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do vidro ser maior que a do alumínio.

Quadro 5. Resposta da questão 4.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
1	Alternativa (e)
2	Alternativa (c)
3	Alternativa (b)
9	Alternativa (d)

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram satisfatórias, mostrando que os alunos possuíam subsunçores relevantes sobre este assunto, ao qual 1 (7%) aluno marcou a alternativa (e) que estava errada, 2 (13%) alunos marcaram a alternativa (c) que também estava errada e 3- 20% alunos marcaram a alternativa (b) que era outra opção errada, mostrando que para essa questão uma parte dos alunos apresentavam uma certa dificuldade de assimilação dos conteúdos propostos. No enquanto 9 (60%) alunos marcaram a alternativa correta, demonstrando possuírem subsunçores satisfatórios. Nesta questão, apenas a alternativa (d), a

condutividade térmica do alumínio é superior a condutividade térmica do vidro, e por disso, ele tende a ficar mais “gelado” quando entre em contato com as mãos desprotegida.

Após a sondagem e verificação dos conhecimentos prévios mais relevantes presentes na estrutura cognitiva dos alunos sobre os processos de transmissão de calor e seus processos de propagação, percebemos que esses subsunçores podem ser trabalhados nas etapas posteriores, melhorando-os e corrigindo as concepções alternativas de alguns alunos. Dando continuidade a nossa pesquisa na próxima subseção iremos abordar as análises e discussões a respeito da construção do aquecedor solar de baixo custo (ASBC).

7.2 Análises e discussões sobre a construção do ASBC

A etapa de construção do ASBC, ocorreu conforme as ilustrações e instruções do PE, seguimos as descrições passo a passo da montagem de todas as fases do aquecedor solar e dos materiais necessários para sua composição, propostos no PE.

Iniciamos primeiramente a fase de construção dos coletores solares, lixando e corando as garrafas PET, que a partir da base da mesma, fizemos um de 5 cm e descartando a parte menor para que elas pudessem se encaixar umas nas outras (conforme mostrado na Figura 6), usamos uma régua para facilitar nosso trabalho. O Lixamento da superfície cortada das garrafas, devem como objetivo de evitar acidentes como o risco de que algum aluno pudesse se cortar com as extremidades irregulares.

Figura 6 – Representação das garrafas cortadas adequadamente



Fonte: Dados do autor.

A Figura 6 ilustra os procedimentos dos passos de lixamento e corte das garrafas PET. Dando continuidade a construção do coletor solar, iniciamos a próxima etapa, cortando 10 pedaços de cano PVC, cada um deles com precisamente 8,5 cm de comprimento e mais 10 pedaços de cano PVC com 1m de comprimento. Ressaltamos que todas as extremidades dos canos cortados foram lixadas, destacamos ainda, que todos os canos e as conexões “T” foram pintados de preto fosco. Que posteriormente realizarmos a montagem do painel.

Figura 7 – Representação do painel



Fonte: Dados do autor.

Com o painel montado, fizemos cinco colunas de canos de PVC que foram preenchidas devidamente com garrafas PET, para posteriormente as mesmas serem pintadas, preenchendo todo o barramento de forma sequencial. Após finalizarmos a construção dos coletores solares, preparamos o reservatório de água, fazendo três furos para colocação dos flanges, o primeiro furo feito na parte inferior (saída de água fria), o segundo na parte superior

(entrada de água quente) e o terceiro centralizado na parte frontal superior do reservatório. Por fim, conectamos as laterais do reservatório de água com as extremidades abertas do coletor, feito de garrafas PET (pintadas de preto), interligando com canos de PVC. Neste esquema, a saída de água fria do reservatório foi ligada na parte inferior do coletor solar e a entrada de água quente foi ligada na parte superior do coletor, conforme descrito no PE.

Restamos que não houve problemas agravantes na construção do ASBC, apenas algumas dificuldades que já eram esperadas, como: recortar as garrafas e canos de modo que estes tivessem o tamanho adequado, mas com uso da régua e a colaboração do professor e pesquisador deste trabalho, tais dificuldades foram minimizadas. Um fato que vemos relatar, se dá que não houve palestras a respeito desse ASBC para a comunidade, devido a pandemia da COVID-19. Por isso, este procedimento será realizado posteriormente.

7.3 Avaliação do Produto Educacional

O encerramento da aplicação deste PE se dá através da aplicação de um questionário avaliativo contendo 8 questões de múltipla escolha, das quais 4 se dedicavam a avaliação do PE, sendo todas de opinião direcionadas a satisfação e desempenho dos alunos na construção do ASBC. Enquanto as outras 4 se referiam a questões a respeito dos conceitos sobre calor e seus processos de propagação. Estas últimas questões, cotiam apenas uma alternativa correta que deveria ser marcada pelos alunos após a leitura atenciosa de cada comando.

A Questão 1 feita aos alunos diz respeito a como eles descreveriam seu grau de satisfação a respeito da atividade baseada na construção de um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) em que eles participaram. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: () Muito satisfeito; () Satisfeito; () Indiferente; () Pouco satisfeito e () Nada satisfeito.

Quadro 6. Resposta da Q1.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
3	Satisfeito
12	Muito satisfeito

Fonte: Dados do autor.

Pelas respostas fornecidas pelos alunos, mostram que os alunos se sentiram satisfeitos com proposta metodológica que utilizamos em sala de aula. Visto que a maioria dos alunos, 12 (80%) responderam que se sentiram muito satisfeitos com a atividade proposta a eles. Enquanto, que a minoria, 3 alunos (20%), corrobora com essa afirmação, respondendo que se sentiram satisfeitos com a atividade. Revelando assim, que o uso da experimentação, principalmente através da construção de um ASBC, desperta interesse no aluno de continuar estudando e investigando sobre os conteúdos envolvidos, colaborando com seu próprio processo de ensino e aprendizagem.

A Questão 2 feita aos alunos diz respeito se eles encontram alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção do ASBC? Se a respostas fossem positivas, eles deveriam citas essas dificuldades. Essa era uma questão aberta, porém foram descritas no Quadro 7, apenas as respostas semelhantes que convergiam na mesma ideia, com a finalidade de evitar possíveis repetições.

Quadro 7. Resposta da Q2.

Quantidade de Alunos, que responderam essa questão	Respostas
4	Não
5	Sim, em relação ao corte das garrafas e canos PVCs
6	Sim, apenas na montagem do coletor e reservatório, é bem demorado

Fonte: Dados do autor.

Pelas respostas fornecidas pelos alunos, mostram que os alunos tiveram alguma dificuldade na montagem e/ou construção do aquecedor solar. Vale ressaltar que 4 (27%) alunos não tiveram dificuldades com a aplicação do PE em sala de aula, 5 alunos tiveram dificuldades em cortar os materiais e deixarem os mesmos com os tamanhos apropriados e 6 alunos tiveram dificuldade com a montagem devido ao encaixe e/ou tempo de execução da atividade em si. Entretanto o uso do ASBC em sala de aula tornasse viável, pois estas constatações são esperadas em trabalhos que utilizem a experimentação.

A Questão 3 feita aos alunos perguntava se eles concordam que as discussões dentro de seu grupo contribuíram para o esclarecimento das questões propostas a respeito dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação durante a construção do ASBC. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: () Concordo totalmente;

() Concordo mais ou menos; () Não concordo, nem discordo; () Discordo mais ou menos e () Discordo totalmente.

Quadro 8. Resposta da Q3.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
1	Concordo mais ou menos
14	Concordo totalmente

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram satisfatórias, mostrando que apenas 1 (7%) aluno marcou a alternativa concordo mais ou menos e 14 (93%) alunos marcaram a alternativa concordo totalmente. Dessa forma, os alunos concordaram que as discussões entre eles na aplicação do PE, contribuíram para o esclarecimento das questões propostas a respeito dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação durante a construção do ASBC.

A Questão 4 feita aos alunos perguntava se eles concordam que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o aprendizado deles a respeito dos conteúdos relacionados aos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: () Concordo totalmente; () Concordo mais ou menos; () Não concordo, nem discordo; () Discordo mais ou menos e () Discordo totalmente.

Quadro 9. Resposta da Q4.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
15	Concordo totalmente

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram mais que satisfatórias, mostrando que apenas todos os alunos concordavam totalmente que essa atividade contribuiu de forma significativa para o aprendizado dos mesmos no que diz respeito dos conteúdos relacionados aos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação.

A Questão 5 feita aos alunos pedia para eles analisassem as afirmações referentes à condução térmica, sendo estas: I. Para que um pedaço de carne cozinhe mais rapidamente,

pode-se introduzir nele um espeto metálico. Isso se justifica pelo fato de o metal ser um bom condutor de calor; II. Os agasalhos de lã dificultam a perda de energia (na forma de calor) do corpo humano para o ambiente, devido ao fato de o ar aprisionado entre suas fibras ser um bom isolante térmico e III. Devido à condução térmica, uma barra de metal mantém-se a uma temperatura inferior à de uma barra de madeira colocada no mesmo ambiente. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: () I, II e III estão corretas; () I, II e III estão erradas; () apenas I está correta; () apenas II está correta e () apenas I e II estão corretas.

Quadro 10. Resposta da Q5.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
15	apenas I e II estão corretas

Fonte: Dados do autor.

Todos os alunos marcaram a mesma alternativa, sendo esta a resposta correta para essa questão. A única afirmação incorreta é a alternativa III, visto que, a barra de metal se mantém a uma temperatura superior à barra de madeira, pois a mesma é melhor condutora de calor.

A Questão 6 feita aos alunos pedia para eles analisando uma figura que ilustra um sistema de aquecimento solar: uma placa metálica P, pintada de preto, e, em contato com ela, um tubo metálico encurvado; um depósito de água D e tubos de borracha T ligando o depósito ao tubo metálico. O aquecimento da água contida no depósito D, pela absorção de energia solar, é devido, basicamente, aos seguintes fenômenos, pela ordem: () condução, irradiação, convecção; () irradiação, condução, convecção; () convecção, condução, irradiação; () condução, convecção, irradiação e () irradiação, convecção, condução. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas.

Quadro 11. Resposta da Q6.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
1	irradiação, convecção, condução.
14	irradiação, condução, convecção

Fonte: Dados do autor.

As respostas para essa questão foram satisfatórias, mostrando que apenas 1 (7%) aluno marcou a alternativa errada, enquanto 14 (93%) alunos marcaram a alternativa correta. Dessa forma, percebemos que a maioria dos alunos compreenderam os conceitos abordados nessa questão, visto que, primeiro teremos o processo de irradiação dos raios solares, em seguida as moléculas de água que foram aquecidas entrarão em contato com as que não foram aquecidas de forma a conduzir o calor, ou seja, pelo processo de condução. Já no recipiente D, ocorrerá o ciclo de convecção em que a água aquecida que é menos densa trocará de lugar com a água fria que é mais densa, e assim ela será continuamente aquecida.

A Questão 7 feita aos alunos pedia para eles analisassem as afirmações referentes a uma experiência, a qual colocam-se gelo e água em um tubo de ensaio, sendo o gelo mantido no fundo por uma tela de metal. O tubo de ensaio é aquecido conforme. Embora a água ferva, o gelo não se funda imediatamente. As afirmações a seguir referem-se a essa situação, sendo estas: I. Um dos fatores que contribuem para que o gelo não se funda é o de que a água quente é menos densa que a água fria; II. Um dos fatores que concorrem para a situação observada é o de que o vidro é bom isolante térmico; III. Um dos fatores que concorrem para que o gelo não se funda é o de que a água é bom isolante térmico. Esse questionamento, apresenta 5 alternativas em que apenas uma delas está correta, do qual os alunos deveriam escolher apenas uma dessas alternativas: () Apenas a afirmativa I é verdadeira; () Apenas a afirmativa II é verdadeira; () Apenas a afirmativa III é verdadeira; () Todas as afirmativas são corretas e () N.d.a.

Quadro 12. Resposta da Q7.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
15	Todas as afirmativas são corretas

Fonte: Dados do autor.

Como todos os alunos responderam essa questão de forma correta, tivemos um aproveitamento de 100%, demonstrando que os alunos possuem um amplo conhecimento a respeito dos conceitos de troca e propagação de calor. Nesta questão, comprovamos que a afirmação I, está correta, porque o gelo aquecido de fato é mais denso que a água quente, ou seja, a água quente ocupa um volume maior, possuindo uma densidade menor. A afirmação II, também está correta, porque o vidro é de fato um isolante térmico, por isso, que o gelo demorou para aquecer. Por fim, a III afirmação também está correta comprovando, que todas

as afirmações estão corretas, porque a água também é um bom isolante térmico, ou seja, não aquece com facilidade quando um corpo mais quente entra em contato com ela.

A Questão 8 feita aos alunos pedia para eles analisassem as afirmações referentes ao resultado da conversão direta de energia solar que é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar: I. o reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor; II. a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa e III. a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência. Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s): () I; () I e II; () II; () I e III e () II e III.

Quadro 13. Resposta da Q8.

Quantidade de Alunos, que marcaram essa alternativa	Respostas
15	II e III.

Fonte: Dados do autor.

Como todos os alunos responderam essa questão de forma correta, novamente percebemos um grau de satisfação para essa pesquisa de 100% de aproveitamento. Nesta questão, comprovamos que a afirmação I, está incorreta, porque o reservatório de água quente não deve metálico pois esse tipo de material dissipa o calor, não permitindo então que a água permaneça quente. Já a afirmação II, está correta, porque a cobertura de vidro impede que o calor se dissipe para o meio ambiente, retendo então a temperatura do local. Por fim, a III afirmação também está correta, porque a placa escura absorverá todas as faixas de luz, ocorrendo, portanto, um aquecimento mais efetivo.

A aplicação desse questionário avaliou as respostas dos alunos demonstrando resultados satisfatórios, nos quais apresentam uma melhoria de aprendizagem a respeito dos conteúdos sobre os processos de transmissão de calor. Isto pode ser comprovado ao analisarmos e ao compararmos com as respostas do pré-teste, bem como, analisando as respostas de opinião fornecidas pelos alunos. Assim, podemos percebermos que houve de fato uma assimilação do conteúdo por dos alunos no uso deste método de ensino, relacionando os conhecimentos prévios mais relevantes em sua estrutura cognitiva com os abordados antes, durante e após a construção do ASBC.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho fundamentou-se no desenvolvimento de uma SD, tendo o ASBC como recurso mediador dos conceitos de Termodinâmica. Tendo como a finalidade de verificar se a aplicação de diferentes estratégias para o ensino dos processos de transmissão e propagação de calor contribuiria para a ocorrência da aprendizagem significativa.

A partir dos resultados e análises do pré-teste, bem como, as discussões em sala de aula, constatou-se a presença de algumas concepções alternativas, no que diz respeito aos conceitos de calor e temperatura. Dentre elas, podemos destacar três, sendo elas: a primeira concepção diagnosticada se referia a temperatura, a qual esta poderia considerada fria ou quente; a segunda que calor e temperatura são conceitos físicos semelhantes e/ou igual, ou seja, que fazem referência ao mesmo conceito físico. por fim, a última concepção, refere-se a ideia de que frio e calor seriam propriedades de um corpo. Essas concepções são predominantes no cotidiano desses alunos. Então, já esperávamos que estes tivessem tais concepções alternativas.

Para sanar as dúvidas e corrigir essas concepções errôneas do ponto de vista científico, utilizamos várias aulas expositivas e recursos didáticos como materiais introdutórios para ensino dos processos de transmissão e propagação de calor. Após a utilização desses organizadores prévios, com o intuito de construir subsunçores relevantes para a pesquisa proposta aplicamos o PE em sala de aula.

A proposta do PE é trabalhar uma SD que trabalhe a experimentação em sala de aula, cabendo ao professor a função de mediador desse processo de relação dos conceitos físicos trabalhando anteriormente de forma teórica com a prática, oferecendo ao aluno as condições de promover a construção do seu processo de aprendizagem. Substituindo uma aula tradicional (mecanizada) para uma aula dinâmica, argumentativa, onde o aluno é protagonista desse processo de aprendizagem.

Ressaltamos que inicialmente os alunos ficaram apreensivos, mas no decorrer das atividades eles foram se soltando se envolvendo cada vez mais com o processo de construção do ASBC e as discussões a respeito de seus funcionamentos. Algo que foi observado durante a aplicação do PE, foi que os alunos estavam muito entusiasmados em realizar as atividades, relatando que é muito fácil aprender dessa maneira, porque nesse tipo de atividade não era preciso decorar formulas ou regras. Ao mesmo tempo notávamos que tal atividade despertava a curiosidade e incentiva a participação desses alunos durante a explicação do conteúdo

proposto para realizarem a construção do ASBC.

A respeito da construção do ASBC, foi evidente o interesse dos alunos. Uma atividade experimental fez diferença em sala de aula, demonstrando as teorias na prática, prendendo a atenção dos alunos, despertando nos mesmos o interesse até dos alunos menos participativos. Dessa forma, percebemos que as instruções inseridas no PE e a própria construção do ASBC estimulam os alunos a mudarem sua postura passiva de ouvir apenas o que o professor tem a falar, ou simplesmente decorar fórmulas ou regras com a finalidade de resolver exercícios, para uma postura ativa, em que ele é o sujeito que participa do seu processo de aprendizagem.

A construção de ASBC, certamente poderá contar com o envolvimento de professores e da comunidade acadêmica em si, favorecendo e enriquecendo esse trabalho através de oficinas, palestras, feiras de ciência, promovendo discussões sobre o aquecedor solar na comunidade em geral.

Como professor entendo que as atividades presentes na SD podem ser utilizadas na construção dos conhecimentos dos alunos, tirando-os do estado passivo, tornando-os autônomos e despertando-os ativamente para o seu processo de formação, principalmente no entendimento dos conceitos de propagação e transmissão de calor, evidenciando os conhecimentos prévios mais relevantes dos mesmos em relação a esses conceitos. Desse modo, torna-se “visível aos olhos” do professor o que os alunos sabem e pensam a respeito dos conteúdos propostos a eles, bem como, as dificuldades de compreensão dos mesmos. Assim, o professor como um mediador de conhecimento irá desenvolver estratégias que possibilitam a evolução conceitual e conseqüentemente obter uma aprendizagem significativa em suas aulas.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, M.; FINN, E. J. **Fundamental university physics. Vol. 3: Quantum and statistical physics.** [S.l.: s.n.], 1968.
- ALVARENGA, L. V. G.. **Uma proposta de sequência didática multi-instrumental para o ensino dos conceitos iniciais de Termodinâmica no Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, Vitória, 2019.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S.. Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - Brasil, v. 25, n.2, p. 176-194, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional:** Interamericana, 1980.
- AZEVEDO, F. d. et al. Manifesto dos pioneiros da educação nova. **Revista brasileira de estudos pedagógicos 65(170)**, 1984.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento.** artmed, 2001.
- BÔAS, N. V.; DOCA. **Tópicos de física, 2: termologia, ondulatória e óptica.** 2007.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** Lisboa, Portugal: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Lei n. 9.394/96. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 15 dez. 2018.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da termodinâmica.** [S.l.]: Editora Blucher, 2018.
- BRASIL, P. C. N. et al. Ministério da educação e do desporto. **SEF. Brasília: MEC/SEF**, 1998.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular:** Ensino Médio. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf. Acesso em: 18 Jul. 2020.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.
CARVALHO, F. R. d.; SIONEK, M. C. **Análise da eficiência de um coletor solar plano**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

COSTA, R. N. A. **Viabilidades térmica, econômica e de materiais de um sistema solar de aquecimento de água a baixo custo para fins residenciais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.

DAMASIO, F. ; STEFFANI, M. H. . Ensinando Física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 29, p. 593-598, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LKTYQgkjtgtPsJg43Dcn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

EISBERG, R.; RESNICK. **Física Quântica**. [S.l.]: Campus, Rio de Janeiro, 1979.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GADOTTI, M. Pensamento pedagógico brasileiro. **Produção de terceiros sobre Paulo Freire; Série Livros**, 2004.

GHIRALDELLI, G. J. **Filosofia e história da educação brasileira**. [S.l.]: Manole, 2003.

GOBBI, M. et al. Introdução à mecânica dos fluídos e aos fenômenos de transporte. **Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Apostila**, 2006.

GUIMARÃES, Y. A.; GIORDAN, M. Elementos para validação de sequências didáticas. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2013

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física, 8a edição**. Ed.: LTC. Rio de, 2009. v. 2.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública**. Edições Loyola, 2001. v. 1.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da Escola Pública. A Pedagogia Crítico-Social dos Conteúdos**. – São Paulo: Loyola; Edição: 19, 1982.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. **Em Aberto**, v. 5, n. 31, 2011.

MENEZES, E. T. d.; SANTOS, T. H. d. Verbete método lancasteriano. **Dicionári Interativo da Educação Brasileira-Educabrazil. São Paulo: Midiamix, 2001.**

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador.** DP & A, 2006.

MOREIRA, M. A. A teoria de aprendizagem de david ausubel como sistema de referência para a organização de conteúdo de física. **Revista Brasileira de Física**, v. 9, n. 1, p. 275–292, 1979.

_____. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en ciencias. **Rev Chil Educ Cient**, v. 4, n. 2, p. 38–44, 2005.

_____. Metodologias de pesquisa em ensino. **São Paulo: Editora Livraria da Física**, v. 83, n. 3322.3222, 2011.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa1 (concept maps and meaningful learning). **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, dígramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**, p. 41, 2012.

MOURA, M. O. A atividade de ensino como ação formadora. In: CASTRO, A; CARVALHO, A (Orgs.). **Ensinar a ensinar: didática para a escola.** São Paulo: Pioneira, 2001.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. d. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, SciELO Brasil, v. 9, n. 1, p. 89–111, 2007.

NASCIMENTO, C. P.; ARAUJO, E. S.; MIGUEIS, M. da R. O conteúdo e a estrutura da Atividade Orientadora de Ensino na Educação Infantil: o papel do jogo. In: MOURA, M. O. de (Org.). **A atividade pedagógica na Teoria Histórico-Cultural.** Campinas, SP: Autores Associados, 2016. p. 127-153.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor.** Editora Blucher, 2012. v. 2.

OLIVEIRA, C. dos S. **Metodologia científica, planejamento e técnicas de pesquisa: uma visão holística do conhecimento humano.** São Paulo: LTR, 2000.

OLIVEIRA, M. M. d. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; LEITE, M. B. F.. Aplicando modelos matemáticos para decidir a viabilidade da instalação de um aquecedor solar de baixo custo. **Educação Matemática Pesquisa** (Impresso), v. 12, p. 619-638, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4645/3714>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. Grupo Patria Cultural SA DE CV, 2001.

SALINAS, S. R. **Introdução a física estatística**. [S.l.]: Edusp, 1997.

SAVIANI, D. O legado educacional do regime militar. **Cadernos Cedes**, SciELO Brasil, v. 28, n. 76, p. 291–312, 2008.

SCHERER, C. **Métodos computacionais da física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark W. **Física universitária: volumen II – Termodinâmica e Óptica**. Pearson, 2018.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005. 121p.

SILVA, K. F.; AMORIM, S.; NETO, S. **O processo de ensino aprendizagem apoiado pelas TICs: repensando práticas educacionais**. 2008.

SILVA, S. de Carvalho Rutz da; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, 2014.

SOUZA, T. M. de; MOGAWER, T.. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. In: **anais do V Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída**, 2004, Campinas. AGRENER 2004. Campinas: UNICAMP, 2004. v. 01. p. 102-108.

Disponível em:

http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200050&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2021.

WATARI, K. **Mecânica Clássica 1**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003. v. 2.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto alegre: Artmed, 1998. **O enfoque globalizador e o pensamento complexo. Uma proposta para o currículo escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**, 1989. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação) – Instituto de Física - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ZANELLA, L. Aprendizagem: uma introdução. **Psicologia e Educação**: o significado de aprender. Porto Alegre: EdipucRS, 2003, p. 23-38.

APÊNDICE A – Pré-teste: Sondagem dos Alunos do Ensino Médio sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE)

ESCOLA:

DISCIPLINA: FÍSICA PROFESSOR:

TURMA: DATA ____/____/____

ALUNO(A): _____

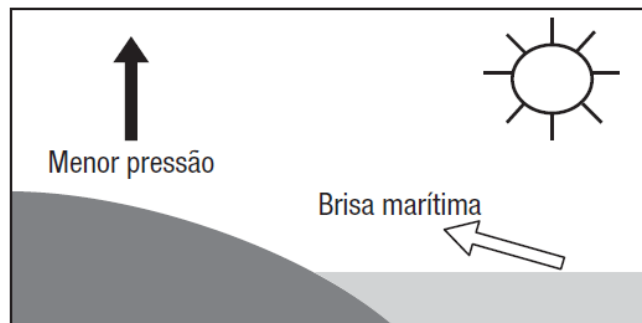
PRÉ-TESTE

1ª) Complete os espaços em branco com uma das palavras dadas entre parênteses, de maneira que as frases fiquem corretas.

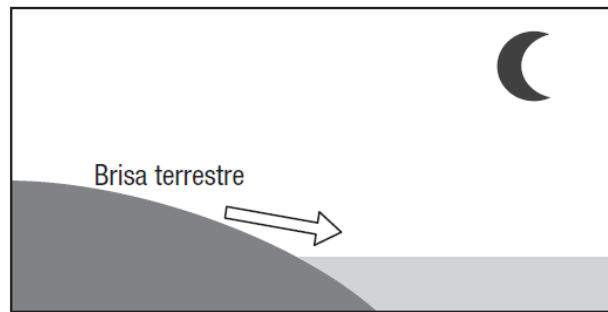
a) Chamamos de fluido toda matéria que se encontra nas fases _____ ou _____ (sólida/líquida/gasosa).

b) Quando um líquido ou um gás é aquecido, ele tende a _____ (aumentar/diminuir) o seu volume e, conseqüentemente, a sua densidade _____ (aumenta/diminui). Partes de um fluido que sejam menos densas _____ (subirão/descerão) e partes de um fluido que sejam mais densas _____ (subirão/descerão).

2ª) (ENEM) Numa área de praia, a brisa marítima é uma consequência da diferença no tempo de aquecimento do solo e da água, apesar de ambos estarem submetidos às mesmas condições de irradiação solar. No local (solo) que se aquece mais rapidamente, o ar fica mais quente e sobe, deixando uma área de baixa pressão, provocando o deslocamento do ar da superfície que está mais fria (mar).



À noite, ocorre um processo inverso ao que se verifica durante o dia.



Como a água leva mais tempo para esquentar (de dia), mas também leva mais tempo para esfriar (à noite), o fenômeno noturno (brisa terrestre) pode ser explicado da seguinte maneira:

- a) O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar.
- b) O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia.
- c) O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente.
- d) O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental.
- e) O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

3^a) (UNIFESP) Um termômetro é encerrado dentro de um bulbo de vidro onde se faz vácuo. Suponha que o vácuo seja perfeito e que o termômetro esteja marcando a temperatura ambiente, 25 °C. Depois de algum tempo, a temperatura ambiente se eleva a 30 °C. Observa-se, então, que a marcação do termômetro:

- a) eleva-se também, e tende a atingir o equilíbrio térmico com o ambiente.
- b) mantém-se a 25 °C, qualquer que seja a temperatura ambiente.
- c) tende a reduzir-se continuamente, independente da temperatura ambiente.
- d) vai se elevar, mas nunca atinge o equilíbrio térmico com o ambiente.
- e) tende a atingir o valor mínimo da escala do termômetro.

4^a) (ENEM) Uma garrafa de vidro e uma lata de alumínio, cada uma contendo 330 mL de refrigerante, são mantidas em um refrigerador pelo mesmo longo período de tempo. Ao retirá-las do refrigerador com as mãos desprotegidas, tem-se a sensação de que a lata está mais fria que a garrafa. É correto afirmar que:

- a) a lata está realmente mais fria, pois a capacidade calorífica da garrafa é maior que a da lata.
- b) a lata está de fato menos fria que a garrafa, pois o vidro possui condutividade térmica menor que o alumínio.
- c) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, possuem a mesma condutividade térmica, e a sensação deve-se à diferença nos calores específicos.
- d) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do alumínio ser maior que a do vidro.
- e) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do vidro ser maior que a do alumínio.

APÊNDICE B – Pós-teste: Sondagem dos Alunos do Ensino Médio sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE)

De acordo com seu grau de satisfação a respeito da aplicação e da construção do ASBC em sala de aula, responda as seguintes questões:

Q1 – Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade baseada na construção de um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) em que você participou?

- Muito satisfeito
- Satisfeito
- Indiferente
- Pouco satisfeito
- Nada satisfeito

Q2 – Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção do ASBC? Se sim, quais foram essas dificuldades?

Q3 – Você concorda que as discussões dentro do seu grupo contribuíram para o esclarecimento das questões propostas a respeito dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação durante a construção do ASBC?

- Concordo totalmente
- Concordo mais ou menos
- Não concordo, nem discordo
- Discordo mais ou menos
- Discordo totalmente

Q4 – Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados aos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação?

- Concordo totalmente
- Concordo mais ou menos
- Não concordo, nem discordo
- Discordo mais ou menos
- Discordo totalmente

Através dos conhecimentos adquiridos com a construção do ASBC, responda as seguintes questões:

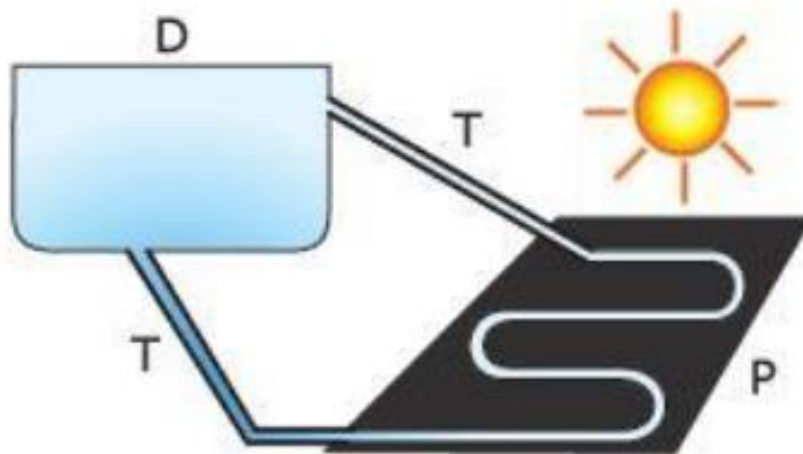
Q5 – (PUC-SP) Analise as afirmações referentes à condução térmica:

- I. Para que um pedaço de carne cozinhe mais rapidamente, pode-se introduzir nele um espeto metálico. Isso se justifica pelo fato de o metal ser um bom condutor de calor.
- II. Os agasalhos de lã dificultam a perda de energia (na forma de calor) do corpo humano para o ambiente, devido ao fato de o ar aprisionado entre suas fibras ser um bom isolante térmico.
- III. Devido à condução térmica, uma barra de metal mantém-se a uma temperatura inferior à de uma barra de madeira colocada no mesmo ambiente.

Podemos afirmar que:

- () I, II e III estão corretas.
- () I, II e III estão erradas.
- () apenas I está correta.
- () apenas II está correta.
- () apenas I e II estão corretas.

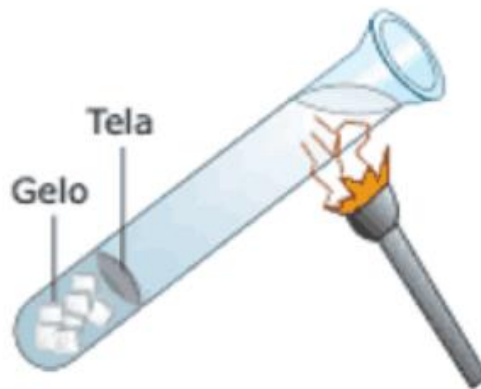
Q6 – (FUVEST-SP) A figura ilustra um sistema de aquecimento solar: uma placa metálica P, pintada de preto, e, em contato com ela, um tubo metálico encurvado; um depósito de água D e tubos de borracha T ligando o depósito ao tubo metálico. O aquecimento da água contida no depósito D, pela absorção de energia solar, é devido, basicamente, aos seguintes fenômenos, pela ordem:



- () condução, irradiação, convecção.

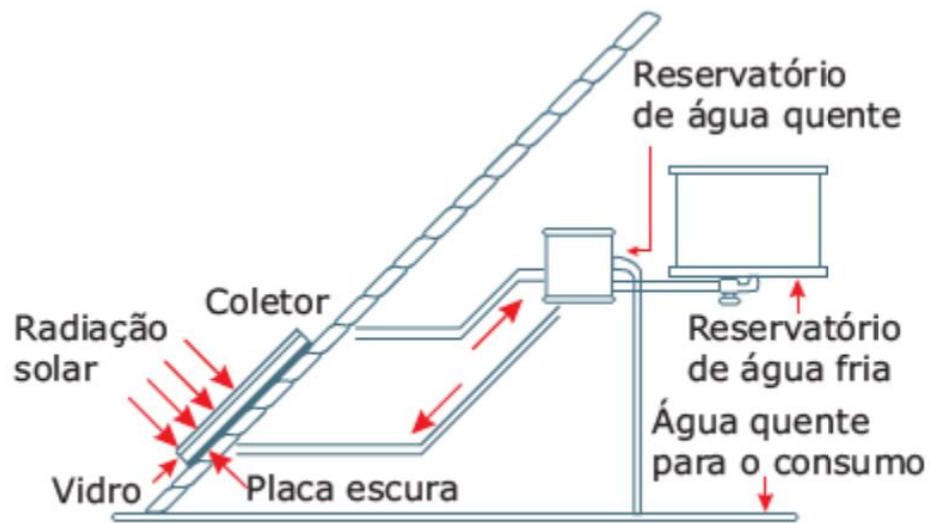
- () irradiação, condução, convecção.
- () convecção, condução, irradiação.
- () condução, convecção, irradiação.
- () irradiação, convecção, condução

Q7 – (UFMG) Em uma experiência, colocam-se gelo e água em um tubo de ensaio, sendo o gelo mantido no fundo por uma tela de metal. O tubo de ensaio é aquecido conforme a figura. Embora a água ferva, o gelo não se funde imediatamente. As afirmações a seguir referem-se a essa situação:



- I. Um dos fatores que contribuem para que o gelo não se funda é o de que a água quente é menos densa que a água fria.
 - II. Um dos fatores que concorrem para a situação observada é o de que o vidro é bom isolante térmico.
 - III. Um dos fatores que concorrem para que o gelo não se funda é o de que a água é bom isolante térmico.
- () Apenas a afirmativa I é verdadeira.
 - () Apenas a afirmativa II é verdadeira.
 - () Apenas a afirmativa III é verdadeira.
 - () Todas as afirmativas são corretas.
 - () N.d.a.

Q8 – (ENEM 2000 -MEC) O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo.



São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:

- I. o reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.
- II. a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.
- III. a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s):

- () I.
- () I e II.
- () II.
- () I e III.
- () II e III.

APÊNDICE C – Produto Educacional

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ANTONIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR
SOLAR DE BAIXO CUSTO COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 2º ANO
DO ENSINO MÉDIO**

**TERESINA
2022**

ANTONIO JOEL PEREIRA COSTA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA CONSTRUÇÃO DE UM AQUECEDOR
SOLAR DE BAIXO CUSTO COMO AUXÍLIO AO ENSINO DE FÍSICA NO 2º ANO
DO ENSINO MÉDIO**

Este Produto Educacional compõe o trabalho da Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física..

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho

TERESINA

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conceitos físicos abordados durante a construção do ASBC.	10
Figura 2 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d’água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d’água pelo sistema térmico	16
Figura 3 – Ilustração do Passo I.....	20
Figura 4 – Ilustração do Passo II: Etapa do corte dos barramentos superiores e inferiores	21
Figura 5 – Ilustração do Passo II: Etapa de interligação dos “T” de PVC para formar as barras.	22
Figura 6 – Ilustração do Passo III: Etapa de colocação das garrafas PET.....	23
Figura 7 – Ilustração do Passo III: Reservatório	24
Figura 8 – Ilustração do Passo III: Aspecto do Aquecedor Solar de Baixo Custo	25
Figura 9 – Ilustração do Passo IV: Etapa de pintura das garrafas PET.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Materiais usados na Construção do ASBC.....	18
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 14 – Diferenças entre um Aquecedor Solar Caseiro e um Aquecedor Solar Comercial.
..... 17

SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

1 INTRODUÇÃO	06
2 OBJETIVOS	08
2.1 Objetivo geral.....	08
2.2 Objetivos específicos.....	08
3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	09
3.1 Considerações sobre a Física do ASBC: Conceitos Relacionados.....	10
3.1.1 Introduzindo o conceito sobre Calor e Temperatura	12
3.1.2 As formas de propagação do calor	13
4 CONSTRUÇÃO DO AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO	15
4.1 Funcionamento do Aquecedor.....	15
4.2 Tutorial de Construção: Montagem do Aquecedor	18
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Esse Produto Educacional é destinado aos professores de Física do Ensino Médio da rede pública, essencialmente aqueles que lecionam no 2º Ano. Este trabalho está vinculado à Dissertação do Mestrado Profissional de Ensino em Física, realizada na Universidade Federal do Piauí (UFPI), sob a orientação do Professor Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

Caro(a) professor(a), neste Produto Educacional, você encontrará uma Sequência Didática (SD) envolvendo um experimento simples, objetivando a construção de um aquecedor solar, como material potencialmente significativo, apresentando orientações e sugestões que poderão auxiliá-lo na introdução e no desenvolvimento dos conceitos de Termodinâmica. Visando uma proposta didática que possa facilitar o ensino e a aprendizagem dos processos de transmissão de calor e seus processos de propagação, em uma abordagem predominantemente conceitual.

Para a aplicação e avaliação metodológica da SD, essa pesquisa foi desenvolvida considerando quatro etapas que se entrelaçam, se complementando e se convergindo para a promoção da aprendizagem significativa. Essas etapas foram divididas em pré-teste, construção e aplicação de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC), pós-teste e apresentação do ASBC a comunidade acadêmica.

1. Na primeira etapa – usaremos um questionário diagnóstico (pré-teste), com a finalidade de verificar e coletar os dados a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos;
2. Na segunda etapa – construiremos o aquecedor solar, aplicando os conceitos de Termodinâmica inseridos no mesmo;
3. Na quarta etapa – aplicamos, após a construção do aquecedor, um questionário final (pós-teste), que consistia em uma avaliação final para verificação metodológica da SD, através de questionamentos sobre o aquecedor e os conteúdos envolvidos, promovendo a apropriação dos conhecimentos envolvidos na construção do ASBC e na interação entre os alunos com a atividade proposta, com o objetivo de averiguar o quanto a prática influiu sobre conhecimentos preexistentes dos alunos;
4. Na quarta etapa – Por último apresentaremos o nosso produto à sociedade, na forma de palestras para a comunidade escolar e em eventos científicos. Todas as atividades serão desenvolvidas nas dependências da Unidade Escolar Dr. Paulo Ramos, com os alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Nesse intuito, o produto educacional em questão ajudará a minimizar as dificuldades de aprendizagem dos alunos acerca do conteúdo de Termodinâmica. Ao final do processo de implementação da SD, espera-se que os alunos compreendam a importância sobre o estudo da propagação de calor, relacionando os conceitos teóricos com situações cotidianas.

Ao professor que deseje reutilizar este material em suas aulas, o mesmo terá acesso a uma metodologia com uma abordagem contextualizada associada ao cotidiano dos alunos, conectando a teoria com a prática. Espera-se que o material disponibilizado, possa contribuir para um ensino eficaz e prazeroso tanto para o aluno quanto para o professor e que resulte em uma aprendizagem significativa. Por fim, destaca-se que o acesso a este material e a sua distribuição são totalmente gratuitas, desde que mencionada a autoria deste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Construir um aquecedor solar apresentando os conceitos sobre os conceitos de calor e seus processos de propagação, oferecendo diferentes estratégias de ensino por meio de uma metodologia que estimule, motive alunos, promovendo a Aprendizagem Significativa.

2.2 Objetivos específicos

I. Construir um aquecedor solar, possibilitando e orientando os professores de Física do Ensino Médio, através de uma Sequência Didática, apropriando-se do conceito de calor e suas formas de propagação;

II. Identificar as dificuldades dos alunos na realização do experimento e sua articulação com o conteúdo abordado no mesmo;

III. Verificar o desenvolvimento cognitivo dos alunos sobre o assunto em questão. Descrevendo e diferenciando os três processos de transmissão de calor: condução, convecção e irradiação térmica;

IV. Aferir qualitativamente os resultados obtidos nos testes avaliativos, identificando a procedência e a eficiência dessa Sequência Didática.

3 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesse produto educacional, vamos explicar como construir um aquecedor térmico de baixo custo utilizando garrafas PET, seguindo quatro atividades expostas em uma sequência didática (SD), a qual apresentamos um experimento simples, com orientações para o seu desenvolvimento, para que os professores possam usar em suas aulas.

De acordo com as palavras de Zabala (1998) e segundo os pressupostos de Peretti e Costa (2013), uma SD pode ser compreendida como um conjunto de atividades ligadas entre si, que são planejadas seguindo uma estrutura ordenada, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor deseja alcançar. Este sistema articulado que formam as unidades didáticas que podem levar dias, semanas ou durante o ano para serem executadas, delimitando um início, um meio e um fim para todas as atividades presentes na SD.

No entanto, ao iniciar uma SD em suas aulas, o professor deve sondar os conhecimentos prévios de seus alunos a respeito do conteúdo a ser trabalhado. Sendo necessário uma atividade introdutória para efetuar o levantamento prévio dos conhecimentos desses alunos e, a partir desses, planejar uma variedade de atividades propostas em suas aulas, apresentando desafios e/ou problemas diferenciados que despertem e mantenham o interesse do aluno pela aula proposta a ele (PERETTI; COSTA, 2013).

Dessa forma, seguido a literatura proposta, este trabalho organizará várias atividades sistematicamente, apresentando inicialmente aos alunos participantes da pesquisa, um teste diagnóstico para avaliar seus conhecimentos a respeito do conteúdo. A SD foi planejada para ser executada em 3 momentos, sendo eles:

- 1- O primeiro momento: destinado ao pré-teste, com a finalidade em verificar os conhecimentos prévios dos alunos, perfazendo um total de duas horas aula (100 minutos);
- 2- O segundo momento: destinado a construção do ASBC, perfazendo um total de seis horas aula (300 minutos);
- 3- O terceiro e último momento: destinado a avaliação da SD junto aos alunos, perfazendo um total de duas horas aula (100 minutos).

Vale ressaltar que o entendimento acerca dos assuntos abordados na SD, faz-se necessário a apresentação de forma interativa dos conteúdos antes da aplicação da mesma. Para que os alunos possam compreender as aplicações destes conteúdos, para posteriormente apresentar o conteúdo de forma experimental. Assim, despertaremos o interesse e a curiosidade dos mesmos pela atividade proposta, possibilitando uma aprendizagem

significativa desses conceitos. Deste modo, apresentaremos os conteúdos presentes na SD na próxima seção.

3.1 Considerações sobre a Física do ASBC: Conceitos Relacionados

Esta atividade para ser aplicada requer uma grande atenção, organização e disponibilidade de tempo de seus participantes para sua execução, por se tratar de uma atividade experimental. Buscando através do mesmo a exploração e a sintetização de todos os conceitos físicos abordados em sua estruturação, que está relacionada com o estudo dos processos de transferência de calor e outros conceitos que estão correlacionados com o seu funcionamento. O diagrama mostrado na Figura 1, ilustra os conceitos físicos abordados durante a construção do aquecedor solar de baixo custo (ASBC).

Figura 1 – Conceitos físicos abordados durante a construção do ASBC



Fonte: (ALVARENGA, 2019).

A cada etapa de construção do ASBC, abordaremos e/ou reforçaremos os conceitos físicos que participarão de seu processo de funcionamento, para facilitar e diversificar o ensino sobre Termodinâmica, especificamente sobre os processos de transmissão de calor. Estabelecendo relações a partir de contextualizações entre os conceitos físicos abordados com os conhecimentos prévios dos alunos, oriundos das situações cotidianas observadas e/ou vivenciadas pelos mesmos.

Dessa forma, faz-se necessário uma breve introdução a respeito da natureza eletromagnética da energia solar, que chega até nós por irradiação, e sobre o espectro eletromagnético, destacando a luz visível, a radiação ultravioleta e infravermelho. Assim, apresentaremos forma geral, a caracterização das radiações explicando sobre a relação entre os comprimentos e as frequências de ondas (ALVARENGA, 2019).

Além dos conteúdos programados, é possível contextualizar sobre a transparência e a opacidade dos materiais, relacionando-a como a capacidade de enxergar através dos mesmos.

Vale ressaltar, que tanto a transparência quanto a opacidade, são propriedades em que os corpos têm de permitir ou não a passagem da radiação eletromagnética. Sendo ainda, possível contextualização a respeito da incidência do raios-X em um corpo humano, destacando que quase todos os tecidos de nosso corpo se tornam transparentes com a passagem dos raios-X enquanto outros são apresentados como opacos, este é o caso do tecido ósseo (ALVARENGA, 2019).

Na etapa da construção do coletor, podem ser introduzido os conteúdos de óptica como: refração, absorção e reflexão da luz. Sobre a refração, podemos explicar sobre a luz proveniente do Sol, que ao atravessar a garrafa PET transparente a mesma irá sofrer desvios ao mudar de meio de propagação (do ar para o plástico), alterando assim, a sua velocidade e direção de propagação. Para exemplificar os conceitos sobre a absorção e reflexão do calor, utilizaremos o exemplo das garrafas PET e canos PVC pintados de preto fosco, contextualizando sobre a radiação de corpo negro.

Sabemos que na radiação térmica uma parte dessa radiação é absorvida enquanto a outra é refletida pelo corpo. No entanto, nos corpos escuros estes absorvem a maior parte da radiação que incide sobre eles, enquanto os corpos claros refletem quase que totalmente a radiação térmica incidente. Por isso, um corpo negro quando exposto ao Sol, tem sua temperatura sensivelmente elevada, ao contrário dos corpos claros, que possuem pouco absorção de calor (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Outro ponto a ser analisado nesse trabalho refere-se à degradação por ultravioleta, que pode ser amenizada ao se utilizar a tinta preta fosca, que cobre toda a área da placa absorvedora (constituída por canos de PVC e garrafas PET), neste caso, os pigmentos pretos são absorvedores de radiação ultravioleta e esta é transferida para o interior das garrafas, aumentando a agitação das moléculas que constituem os materiais do coletor, e consequentemente, aumentando a temperatura no interior das garrafas (DAMASIO; STEFFANI, 2007; ALVARENGA, 2019).

No caso da reflexão, este ocorre quando a radiação infravermelha emitida pelos canos de PVC, garrafas PET e o ar aquecido, não consegue atravessar as garrafas de volta para o meio externo ficando retida nesse meio. No entanto, deve-se deixar claro para o aluno que a radiação total incidente nas garrafas é dada pela soma de todas as radiações (refratadas, absorvidas e refletidas) (ALVARENGA, 2019).

A ocorrência da reflexão no sentido garrafa/cano e reservatório/garrafa que promoverá um aumento de temperatura no seu interior do coletor solar, se dá porque as garrafas PET são transmissíveis à passagem de luz visível, no entanto, as mesmas são parcialmente opacas às ondas de calor, esse fato possibilita a formação do efeito estufa. Isso ocorre devido à radiação de infravermelho se transformar mais facilmente em energia térmica ao ser absorvida. Neste caso, apenas as ondas eletromagnéticas que possuem frequências (ou comprimentos de ondas) correspondentes ou próximas à luz vermelha, conseguem passar como a luz visível e outras radiações pelas garrafas PET (ALVARENGA, 2019).

Por fim, podemos falar sobre o ciclo de trocas de calor existentes no ASBC, relatando aos alunos participantes da pesquisa que este ciclo é encerrado quando se estabelece um equilíbrio térmico e o mesmo se reinicia à medida que uma quantidade de água quente é retirada do reservatório e substituída pela água que se encontra à temperatura ambiente. Dessa forma, o equilíbrio térmico é desfeito e as correntes de convecção voltam a acontecer novamente, permitindo a circulação da água (DAMASIO; STEFFANI, 2007; ALVARENGA, 2019). Para mais detalhes sobre os processos de transmissão de calor nas próximas subseções faremos uma breve introdução ao seu respeito.

3.1.1 Introduzindo o conceito sobre Calor e Temperatura

Antes de iniciarmos o ensino dos processos de transmissão de calor, é necessário que os alunos tenham domínio e clareza sobre os conceitos de energia térmica, calor e temperatura, diferenciando-os (ALVARENGA, 2019).

Conforme as palavras de Villas Bôas, Doca e Biscuola (2016), a energia térmica de um corpo depende de dois fatores, específicos: o primeiro se trata da energia de agitação média de cada partícula (que determina a temperatura do corpo) e o segundo se trata do número de partículas que esse corpo possui.

O **calor** é a quantidade de energia térmica em trânsito transferida de um corpo para outro, quando estes dois corpos são colocados em contato com temperaturas diferentes ou de uma parte para outra de um mesmo corpo provocado por uma diferença de temperaturas entre elas. Isto corre, porque esses dois corpos possuem temperaturas diferentes e estão em contato, o calor passa do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura, até que seja atingido o **equilíbrio térmico** (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

Fisicamente, quando falamos sobre calor, nos referimos a um **processo** e quando falamos sobre temperatura, nos referimos a um **estado** de um corpo.

Quanto maior for o calor (energia térmica) aplicada a um corpo ou um determinado sistema de partículas que esteja em condições isoladas (sem influências externas), maior será a sua temperatura (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016; VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016).

3.1.2 As formas de propagação do calor

Conforme as palavras de Tipler e Mosca (2006), podemos definir os processos de transferência de calor da seguinte forma:

1- Processo de transferência de calor por condução: ocorre quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, devido às moléculas de maior energia (corpo mais quente) estão colidindo e transmitindo energia através de vibrações para as partículas menos energéticas (corpo mais frio);

2- Processo de transferência de calor por convecção: esse tipo de processo pode ocorrer de duas formas, por convecção natural devido à diferença de densidade do fluido, como o ar ou a água, quando este é aquecido, suas porções mais quentes podem sofrer dilatação térmica, expandindo seu volume. Ou por convecção forçada em que existe um mecanismo externo ao sistema que força a movimentação dos fluidos;

3- Processo de transferência de calor por irradiação: diferentemente dos outros processos de propagação de calor (condução e convecção), a irradiação térmica não necessita de meio material para transmitir energia térmica. Visto que todos os corpos a uma temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação, ou seja, emitem ondas eletromagnéticas, por alteração na configuração eletrônica de átomos e moléculas. A propagação de ondas eletromagnéticas que ocorre através de corpos ou fluidos não opacos, que são capazes de propagar-se no vácuo, não precisando, portanto, da existência de matéria. A qual podemos usar a lei básica de Stefan-Boltzmann.

Segundo Tipler e Mosca (2006), definimos a Lei de Stefan-Boltzmann da seguinte maneira: o poder emissivo (E) de um corpo negro (cn) é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta (T). Matematicamente, podemos expressar:

$$E_{cn} = \sigma \cdot T^4 \quad \text{Eq. (1)}$$

onde σ (sigma) é a constante de proporcionalidade, cujo valor, no SI, é:

$$\sigma \cong 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

4 CONSTRUÇÃO DO AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

Como dito no capítulo anterior, para a construção do material e sua execução requerem uma certa quantidade de tempo, destinamos 6 horas aulas para a construção do ASBC, no entanto, essa quantidade de aulas pode ser alterada conforme as necessidades dos professores e alunos que utilizarem a SD. Por isso, seu desenvolvimento foi dividido em quatro etapas (passos), para que se pudesse minimizar tempo gastos, permitindo que todas as turmas participem separadamente de cada etapa da construção do ASBC.

Alvarenga (2019), sugere que aos professores que queiram aplicar esta atividade em suas aulas, que construção do ASBC seja realizada por turma. Assim, os alunos poderão participar de todos os processos da construção do mesmo. A autora destaca ainda, que é de suma importância a organização do material pelo professor, sendo necessário que o mesmo solicite a seus alunos que adiantem parte de montagem recortando e higienizando as garrafas PET.

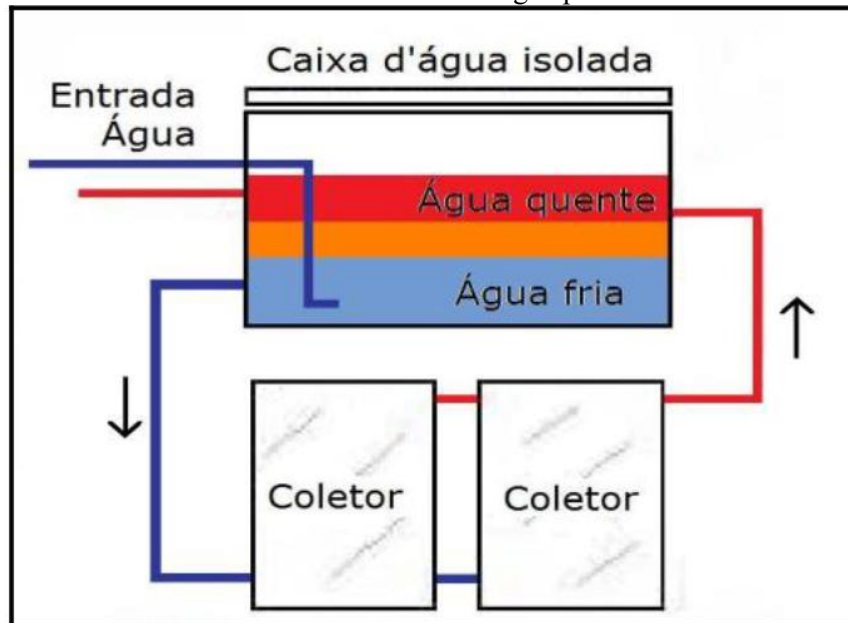
4.1 Funcionamento do Aquecedor

O aquecedor solar é composto basicamente de duas partes: na primeira parte, temos o coletor solar, feito de garrafas PET e canos de PVC, e na segunda parte, temos um reservatório de água (ALVARENGA, 2019).

O funcionamento do ASBC é simples, quando a radiação ultravioleta do sol incide na superfície das garrafas PET pintadas de preto, estas irão absorver a energia solar transferindo-a para a água que está dentro da tubulação. Isso ocorre pelo fato de que o alumínio irá refletir a radiação infravermelha permitindo que a energia solar não seja perdida dentro dessas embalagens. Fazendo com que grande parte da energia solar seja transformada em energia térmica, aquecendo a água (DAMASIO; STEFFANI, 2007).

A Figura 9 ilustra um esquema do funcionamento do ASBC numa visão frontal, na qual o professor poderá explorar os fenômenos físicos envolvidos com o funcionamento desse dispositivo, buscando identificar os três processos de transferência de calor que ocorrem devido à variação de temperatura entre os coletores e o reservatório (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010). Vale destacar, que o reservatório deve ser isolado termicamente a fim de diminuir as trocas de calor com o ambiente (ALVARENGA, 2019).

Figura 2 – Diagrama da montagem e de funcionamento do ASBC, mostrando: os coletores solares, as tubulações de água quente (em vermelho) e água fria (em azul) e o reservatório d'água isolado do ambiente. As setas indicam o fluxo d'água pelo sistema térmico.



Fonte: (PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010).

Através da Figura 2, notamos que neste sistema, há um ciclo de trocas de calor envolvendo o aquecedor, iniciando a partir do momento em que a água fria vinda da parte inferior do reservatório começa a descer pelos canos de PVC até chegar aos coletores feitos de garrafas PET (pintadas de preto, tendo a finalidade de aumentar a absorção de calor, permitindo que o aquecimento da água no interior dos canos aconteça de forma mais rápida) para ser aquecida pelos três processos de transmissão de energia por diferença de temperatura: irradiação, condução e convecção térmica (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019).

Nesse esquema a água fria do reservatório, que está ligada na tubulação pela parte baixa do reservatório, quando aquecida, sobe por convecção. O reservatório possui uma camada separação da água quente da fria também por convecção, no entanto, não há separação física; porque a água quente (menos densa) sobe, ao passo que a fria (mais densa) desce (DAMASIO; STEFFANI, 2007; PENNEREIRO; FERREIRA; LEITE, 2010; ALVARENGA, 2019). Nesse processo, o volume da água quente é comandado pela diferença de altura entre saída de água fria aos coletores, e o nível da água do reservatório. Neste caso, quanto maior for esta diferença, maior será o volume disponível no final de um dia de aquecimento (SOUZA; MOGAWER, 2004).

Outra informação importante a respeito do funcionamento do ASBC, se dá através da irradiação solar que incide sobre as garrafas, atingindo os canos e as garrafas PET (ambos pintados de preto fosco). Sabemos que qualquer tipo de irradiação eletromagnética (luz visível, luz infra vermelha, luz ultra violeta, raios X, entre outras) está sendo exposto a uma determinada superfície negra é transformada em energia térmica (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

O coletor construído por garrafas PET é basicamente uma superfície negra tendo a função de impedir que a radiação infravermelha emitida sobre os canos e as garrafas PET aquecidos atravessem novamente para o meio externo, propiciando uma espécie de efeito estufa, que garante temperaturas elevadas no interior da garrafa (SOUZA; MOGAWER, 2004; ALVARENGA, 2019).

Para um maior entendimento a respeito do funcionamento de um ASBC, apresentamos no Quadro 1 um comparativo entre as topologias de aquecedor solar comercial e a versão caseira.

Quadro 1. Diferenças entre um Aquecedor Solar Caseiro e um Aquecedor Solar Comercial.

Ação	Aquecedor Solar Caseiro	Aquecedor Solar Comercial
Vantagens	Menor custo de material; Menor custo de instalação/manutenção; Material de fácil acesso; Não requer uso de tubulação específica para água quente; Tempo de retorno menor; Não requer misturador; O reservatório não reage com sais da água.	Maior eficiência energética; Maior temperatura final da água (o que amplia a gama de aplicações); O aquecimento da água geralmente é suficiente mesmo em dias mais frios ou longos períodos sem sol.
Desvantagens	Menor eficiência energética; Menor temperatura final da água; O aquecimento da água pode não ser suficiente em dias mais frios ou longos períodos sem sol.	Maior custo de material; Maior custo de instalação/manutenção; Material de difícil acesso; Requer instalação de nova tubulação, específica para água quente; Tempo de retorno maior; Requer misturador.

Fonte: (BATISTA, 2016).

Como mostrado no Quadro 1, os ASBC possuem a mesma função dos aquecedores solares comerciais. No entanto, por se caracterizarem como dispositivos mais simples, sem um design e estruturação sofisticados e possuírem menos eficiente que um aquecedor comercial, este é bem mais acessível por ter um custo bem inferior.

4.2 Tutorial de Construção: Montagem do Aquecedor

Nessa seção, utilizamos todos os conhecimentos absorvidos da literatura imposta para o desenvolvimento dessa pesquisa. Deste modo, apresentaremos um tutorial de montagem (construção) de um aquecedor solar de garrafas pet que foi adaptado essencialmente do trabalho de Alvarenga (2019). Que inicialmente foi projetado e patenteado por José Alcino Alano e família, sendo idealizado e desenvolvido pelo mesmo com o objetivo de diminuir os custos de energia elétrica de sua residência, aproveitando materiais recicláveis como: garrafas PET, beneficiando tanto o seu próprio consumo quanto o meio ambiente (ALVARENGA, 2019).

Para o desenvolvimento a construção do ASBC seguimos a descrição dos materiais necessários propostos por Penereiro; Ferreira e Leite (2010, p. 623):

Geralmente, um sistema de aquecimento solar é composto pelas seguintes fases: i) captação da energia solar através de coletores, especialmente desenvolvidos para essa finalidade; ii) aquecimento da água por meio desses coletores solares; iii) transporte da água entre os coletores e um reservatório térmico para armazenar e manter a água aquecida. [...] Na construção desse equipamento empregou-se forro e tubos e conexões em PVC, tinta preta, cola plástica, caixa de água, mangueira plástica, registros, dentre outros materiais [...].

Seguindo essas orientações e adaptando outras ao nosso projeto, reduzimos a quantidade de materiais usados na literatura para minimizar os gastos com o mesmo, da mesma forma que Alvarenga (2019) realizou seu trabalho. No entanto, realizamos tal feito de forma que não comprometesse a eficiência do aquecedor. Vale ressaltar que toda a construção desse projeto se encontra disponibiliza gratuitamente no site: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf.

Para a construção do aquecedor solar os seguintes materiais, apresentando o seu custo:

Tabela 1. Materiais usados na Construção do ASBC.

Material	Preço por unidade	Preço total
40 embalagens de garrafas PET	R\$ 1,66 (pode ser encontrado na natureza)	R\$ 66,40
11m metros de canos de PVC de 20 mm	R\$ 6,89 (o metro)	R\$ 75, 79
16 conexões T em PVC de 20 mm	R\$ 1,50	R\$ 24,00
04 conexões L (luva) em PVC de 20 mm	R\$ 1,13	R\$ 4,52

02 Tampões em PVC de 20 mm;	R\$ 4,79	R\$ 9,58
03 Flanges de 20 mm;	R\$ 12,89	R\$ 38,67
01 Tinta spray uso geral 400ml Preto Fosco	R\$ 19,57	R\$ 19,57
01 Caixa plástica de 56L (reservatório de água)	R\$ 62,99	R\$ 62,99
01 Cola de PVC	R\$ 16,90	R\$ 16,90
01 Durepoxi	R\$ 8,40	R\$ 8,40
01 Fita adesiva preta	R\$ 3,95	R\$ 3,95
01 Suporte de madeira para apoiar a estrutura;	R\$ 14,03	R\$ 14,03
01 Torneira de plástico;	R\$ 6,90	R\$ 6,90
01 Adaptador com rosca para a torneira	R\$ 1,59	R\$ 1,59
03 Lixa	R\$ 2,75	R\$ 8,25
01 Martelo de borracha	R\$ 16,52	R\$ 16,52
 Custo Total	 R\$ 182,46	 R\$ 378,06

Fonte: Dados do autor.

Alvarenga (2019) sugeriu aos professores que desejassem aplicar esse projeto em suas aulas, os mesmos deveriam executar algumas etapas, passo a passo para sua montagem, que foram divididas da seguinte maneira:

Passo I – Corte das garrafas (utilizando 2 horas aula, 100 minutos, para sua execução e conclusão)

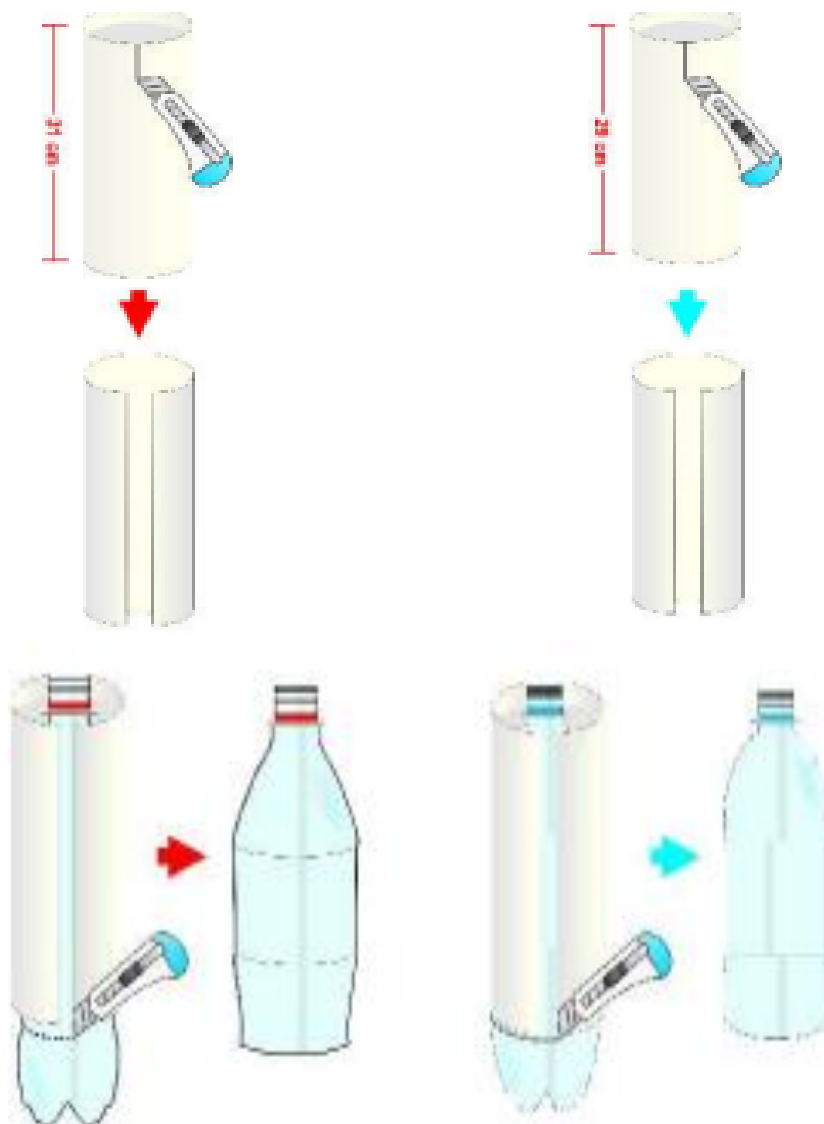
a) Corte das garrafas:

A partir da base da garrafa, corte 5 cm e descarte a parte menor (conforme mostrado na Figura 3), vale ressaltar que existe uma marcação na garrafa que facilita a localização do corte.

b) Lixamento da superfície cortada das garrafas:

A realização desse procedimento tem como objetivo evitar acidentes como o risco de que algum aluno possa se cortar com as extremidades irregulares que possa aparecer.

A Figura 3 ilustra os procedimentos do passo I. Para facilitar o corte das garrafas, sugerimos a construção de um molde (que terá a função de régua para corte das garrafas como ilustrado os desenhos da Figura 3) utilizando um tubo de PVC com 100 mm:

Figura 3 – Ilustração do Passo I.

Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

A possibilidade em se trabalhar com o material de PVC se dá porque a temperatura que se obtém com esse tipo de coletores simplificados fica muito abaixo da temperatura considerada perigosa pelos fabricantes do material de PVC (SOUZA; MOGAWER, 2004).

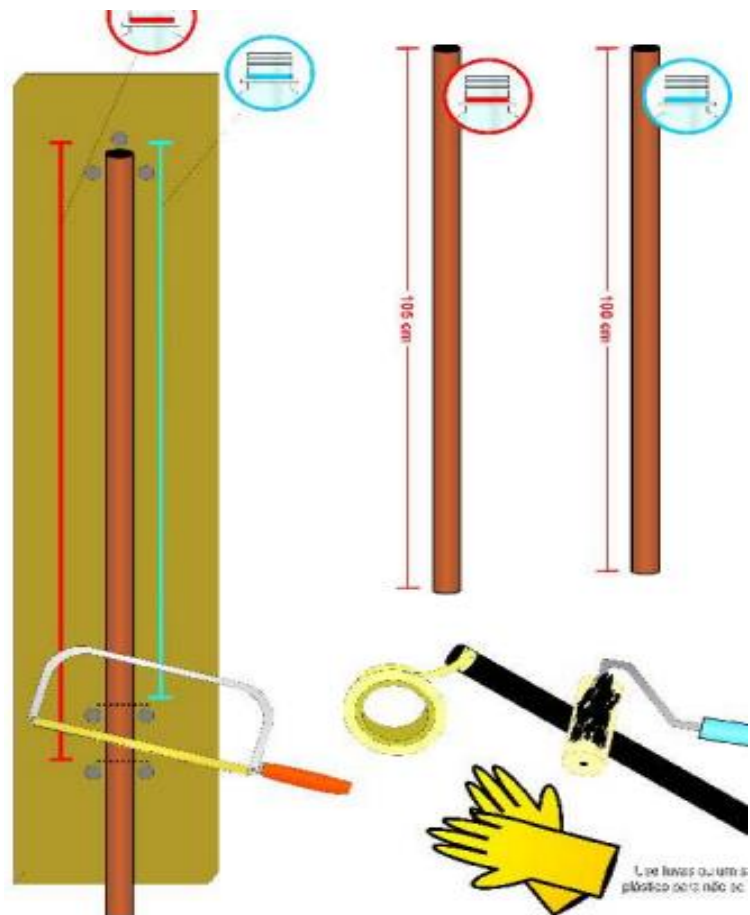
Passo II – corte dos canos (utilizando 2 horas aula, 100 minutos, para sua execução e conclusão)

Nessa etapa sugerimos que o professor divida sua turma em duas equipes, uma equipe responsável pelos cortes dos canos de PVC e a outra execute a montagem das garrafas nos mesmos, no próximo passo.

c) Corte dos barramentos superior e inferior (Figura 4):

Nessa etapa, temos que cortar 10 pedaços cano PVC, cada um deles deve ter precisamente 8,5 cm de comprimento e mais 10 pedaços de cano PVC com 1m de comprimento. Ressaltamos que todas as extremidades dos canos cortados devem ser lixadas, destacamos ainda, que todos os canos e as conexões “T” devem ser pintados de preto. Para posteriormente realizarmos a montagem do painel, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Ilustração do Passo II: Etapa do corte dos barramentos superiores e inferiores.

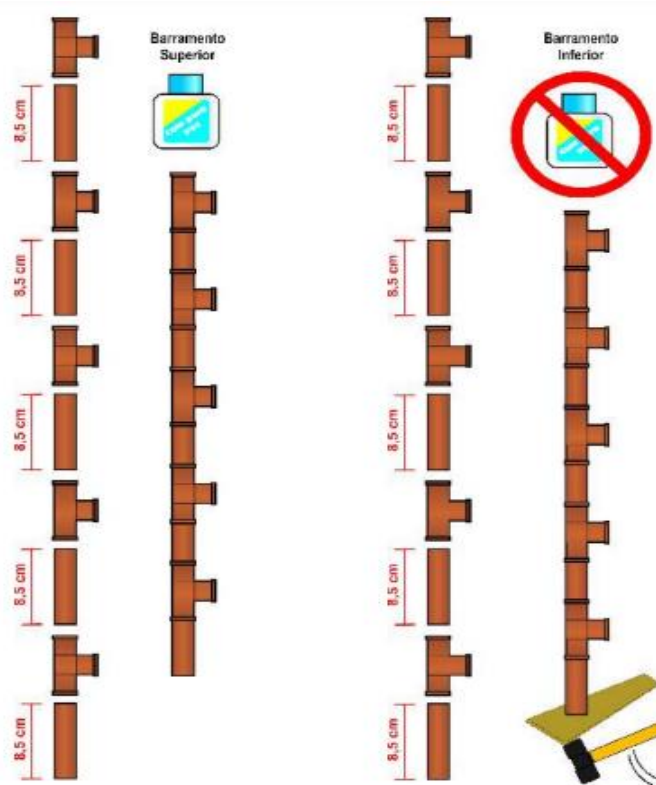


Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetareciclaivel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

- d) Montagem dos barramentos superior e inferior (Figura 6), sendo necessários:
- 10 pedaços de 8,5 cm de cano PVC;
 - 10 conexões T;
 - 10 pedaços de 1m de cano PVC;

De acordo com Batista (2016) e Alvarenga (2019), o primeiro passo para a construção do coletor solar se dá unindo a tubulação por onde circulará a água. Para o barramento superior, devemos juntar com cola os canos cortados de PVC com as conexões “T”. Destacamos ainda, que os canos de 8,5 cm, de forma que o barramento tenha entre oito ou dez conexões “T”. Por fim, deve-se encaixar em cada conexão “T”, em sua parte inferior, um tubo de PVC com 1m de comprimento, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Ilustração do Passo II: Etapa de interligação dos “T” de PVC para formar as barras.



Fonte: Manual do aquecedor solar NOVO2008. Disponível em: http://www.planetareciclavel.com.br/desperdicio_zero/Kit_res_17_solar.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

Passo III – montagem do aquecedor (três horas aula, 150 minutos)

e) Colocação das garrafas PET (Figura 6)

Após a colagem dos tubos de 1 metro nas conexões “T”, devemos encaixar a primeira fileira de garrafas PET, vedando com fita adesiva.

Figura 6 – Ilustração do Passo III: Etapa de colocação das garrafas PET.



Fonte: Dados do autor.

Após finalizar a última fileira, finalizaremos a construção dos coletores solares, invertendo o sentido das garrafas e adicionando o barramento inferior. No entanto advertimos

que não há a necessidade do uso de cola para fixar as conexões do barramento inferior ao restante do equipamento. Dessa forma será possível desmontá-lo, facilitando assim a manutenção dos coletores. Para a fixação dos barramentos (principalmente o inferior) recomendamos o uso de um martelo de borracha para evitar possíveis vazamentos. Para reforçar a proteção contra vazamentos, deverão ser presos dois tampões, um em cada barramento em lados opostos. Vale ressaltar que os lados que ficaram abertos no reservatório serão para a entrada e saída de água. O lado aberto no barramento superior ficará com a saída de água quente do reservatório. Enquanto, o lado aberto do barramento inferior ficará com a entrada de água fria.

f) Preparação do reservatório de água

Para o reservatório é necessário que sejam feitos três furos para colocação dos flanges, o primeiro furo será feito na parte inferior (saída de água fria), o segundo na parte superior (entrada de água quente) e o terceiro centralizado na parte frontal superior do reservatório. Destacamos ainda que os furos para a saída e a entrada de água, devem estar em lados opostos do reservatório. Para cada furo, devem ser utilizados flanges, e para a torneira um adaptador com rosca para encaixá-la do lado de fora do reservatório. A figura 7 ilustra um reservatório montado adequadamente.

Figura 7 – Ilustração do Passo III: Reservatório.

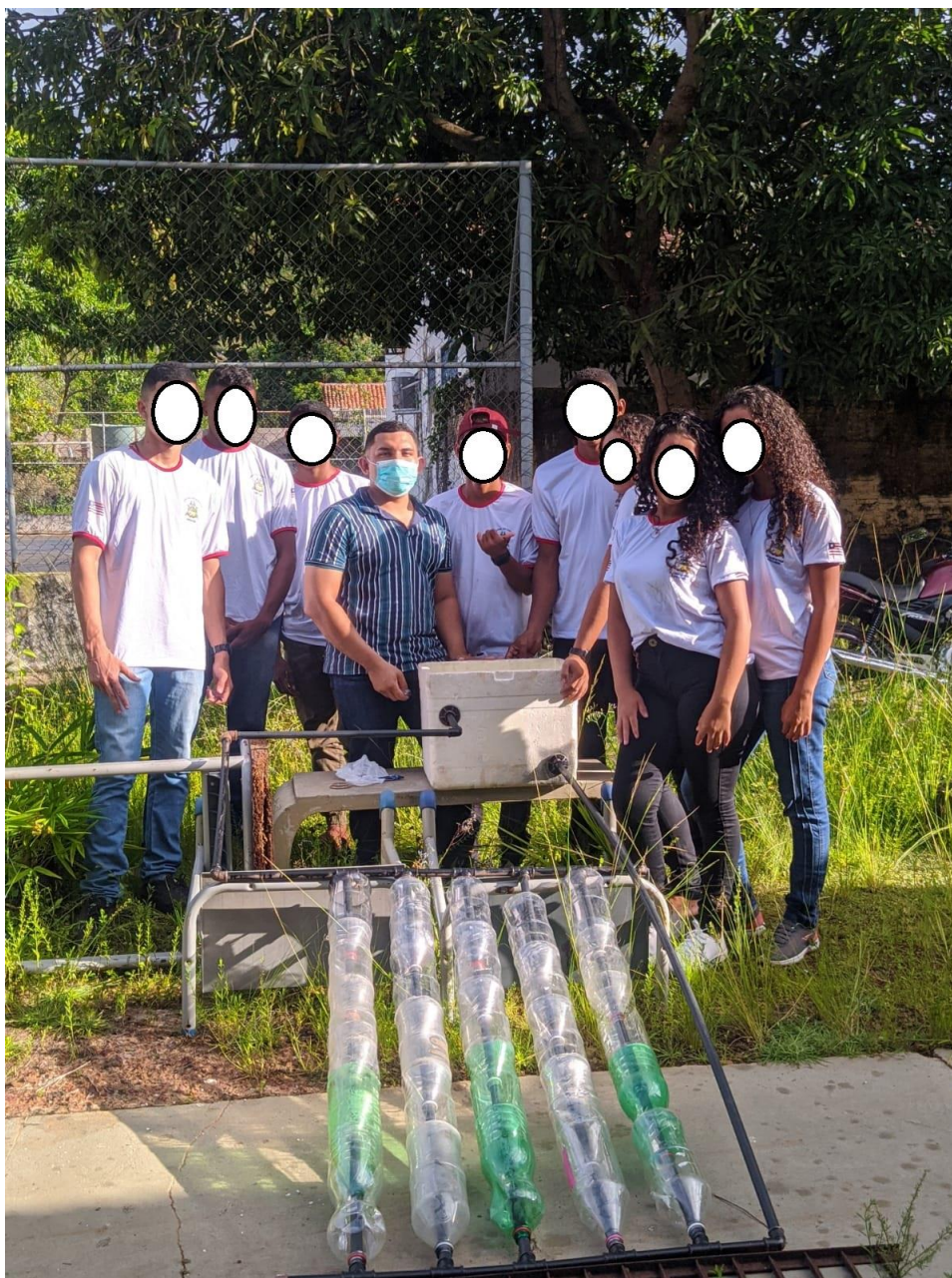


Fonte: (ALVARENGA, 2019).

g) Interligando coletor e reservatório

Nessa etapa, os usuários devem conectar as laterais do reservatório de água com as extremidades abertas do coletor, feito de garrafas PET (que serão pintadas de preto), interligando com canos de PVC. Nesse esquema, a saída de água fria do reservatório será ligada na parte inferior do coletor solar e a entrada de água quente será ligada na parte superior do coletor.

Figura 8 – Ilustração do Passo III: Aspecto do Aquecedor Solar de Baixo Custo.



Fonte: Dados do autor.

Como mostrado na Figura 8, sistema de ASBC teve o seu coletor solar construído de garrafas PET (que serão pintadas de preto fosco), acondicionando tubos de PVC por onde ocorre a circulação da água. “Em geral os reservatórios térmicos são compostos basicamente por três elementos constituintes principais: carcaça ou revestimento, isolamento e cilindro [...]” (SINIGAGLIA, 2014, p. 16).

Passo IV – pintura das garrafas PET (utilizando 1 hora aula, 50 minutos, para sua execução e conclusão)

Nessa etapa sugerimos que o professor pinte as garrafas PET ou que os participantes escolham um aluno para a pintura das mesmas, no qual o restante dos alunos observe como foi feito essa pintura. A Figura 9 mostra como foi o processo de pintura das garrafas PET.

Figura 9 – Ilustração do Passo IV: Etapa de pintura das garrafas PET.



Fonte: Dados do autor.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. V. G.. **Uma proposta de sequência didática multi-instrumental para o ensino dos conceitos iniciais de Termodinâmica no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, Vitória, 2019.

DAMASIO, F. ; STEFFANI, M. H. . Ensinando Física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 29, p. 593-598, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/LKTYQgkjtgtPsJg43Dcn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W.. **Física** (Física térmica, ondas e óptica). 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; LEITE, M. B. F.. Aplicando modelos matemáticos para decidir a viabilidade da instalação de um aquecedor solar de baixo custo. **Educação Matemática Pesquisa** (Impresso), v. 12, p. 619-638, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/4645/3714>. Acesso em: 12 de agosto 2021.

PERETTI, L.; COSTA, G. M. T.. Sequência didática na Matemática. REI. Revista de Educação do IDEAU, v. 8, p. 01-14, 2013. Disponível em: https://www.caxias.ideau.com.br/wp-content/files_mf/8879e1ae8b4fdf5e694b9e6c23ec4d5d31_1.pdf. Acesso em: 27 maio 2021.

SINIGAGLIA, T.. **Dimensionamento de um aquecedor solar de baixo custo**: reservatório térmico alternativo. Trabalho Final de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Faculdade Horizontina – FAHOR, Horizontina, 2014. Disponível em: https://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2014/Tiago_Sinigaglia.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

SOUZA, T. M. de; MOGAWER, T.. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. In: **anais do V Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída**, 2004, Campinas. AGRENER 2004. Campinas: UNICAMP, 2004. v. 01. p. 102-108. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200050&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2021.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G.. **Física**: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; Gualter José BISCUOLA, G. J.. **Física, vol. 2**: termologia, ondulatória, óptica. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

ZABALA, A.. **A prática educativa**: como ensinar. trad. Ernãni E. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtM ed, 1998.