



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A
PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE
AÇÚCAR**

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Vitória da Conquista – Bahia

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A
PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE
AÇÚCAR**

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

Vitória da Conquista – Bahia

2020

S696e

Sousa, Gilmar Pereira de.

Ensino de conceitos termodinâmicos para o ensino médio a partir do processo de destilação de aguardente da cana de açúcar. / Gilmar Pereira de Sousa, 2020.

35f. il.

Orientador (a): Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 35 - 35.

1. Termodinâmica – Destilação de aguardente de cana. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS. 3. Ensino de física. I. Castro, Luizdarcy de Matos. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890
Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos onze dias do mês de dezembro de 2020, às 8h00, através de plataforma virtual, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "Ensino de conceitos termodinâmicos para o Ensino médio a partir do processo de destilação de aguardente da cana de açúcar", de autoria de Gilmar Pereira de Sousa, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro, orientador do mestrando e contou com a participação dos professores Dra. Sandra Cristina Ramos, Dr. Robson Aldrin Lima Mattos e Dr. Francisco Augusto Silva Nobre, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue (enviada), na (para) secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 120 (cento e vinte) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Luizdarcy de Matos Castro
Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Francisco Augusto Silva Nobre
Prof(a). Dr(a). Francisco Augusto Silva Nobre (URCA)
Examinador(a) externo(a)

Robson Aldrin Lima Mattos
Prof(a). Dr(a). Robson Aldrin Lima Mattos (UNEB)
Examinador(a) externo(a)

Sandra Cristina Ramos
Prof(a). Dr(a). Sandra Cristina Ramos (UESB)
Membro(a) interno(a)

Gilmar Pereira de Sousa
Gilmar Pereira de Sousa
Discente

Cristina Porto Gonçalves
Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves
Coordenadora do PPGMNPEF



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**O PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DE CANA COMO ELEMENTO
MOTIVADOR PARA O ENSINO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA
NO ENSINO MÉDIO**

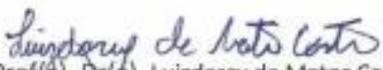
AUTOR: GILMAR PEREIRA DE SOUSA

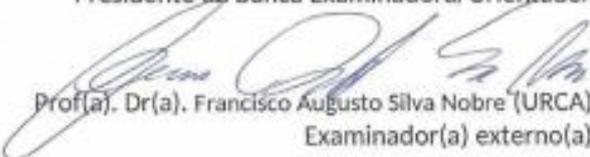
DATA DE APROVAÇÃO: 11 DE DEZEMBRO DE 2020

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA


Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)
Presidente da Banca Examinadora/Orientador


Prof(a). Dr(a). Francisco Augusto Silva Nobre (URCA)
Examinador(a) externo(a)


Prof(a). Dr(a). Robson Aldrin Lima Mattos (UNEB)
Examinador(a) externo(a)


Prof(a). Dr(a). Sandra Cristina Ramos (UESB)
Membro(a) interno(a)

2020

“Na vida, não existe nada a temer, mas a entender.”

Marie Curie

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me guiar com a sua mão forte e poderosa durante todo o processo. Com a certeza de que Ele estará sempre comigo, eu sigo em frente.

À minha esposa, Nádia Teixeira de Almeida, que está sempre ao meu lado, até como copiloto durante todas as viagens, enfrentando perigos e suportando o frio terrível de Vitória.

Aos meus filhos, Nadiny Almeida, Carlos Alberto, Natália Almeida e ao meu genro Hermínio Fernando que são exemplos de força e determinação.

À minha mãe, Enedina Pereira da Silva (*in memoriam*), e ao meu pai João Antônio de Sousa (*in memoriam*) que sempre acreditaram na educação como o melhor caminho para vencer na vida. E a meus irmãos, aqui representados por Dagmar Pereira de Sousa, que sempre acreditaram em mim.

Aos meus amigos, Joane da Silva Santana e Victor Peres Silva, pelo incentivo e apoio para a realização desse projeto.

Aos professores pela contribuição na minha formação acadêmica, em especial ao professor Luiz, que sempre me motivou a prosseguir na realização desse sonho.

Aos meus Orientadores Luizdarcy Matos Castro e Jorge Anderson Paiva Ramos, pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos os amigos e colegas de trabalho, muito obrigado!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A Aprendizagem Significativa Crítica na visão de Marco Antônio Moreira	14
2.1.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.....	15
CAPÍTULO 3 - OS PRINCÍPIOS DA TERMODINÂMICA.....	21
3.1 Conceitos Fundamentais da Termodinâmica.....	21
3.1.1 Temperatura	23
3.1.2 Calor e Trabalho.....	24
3.2 1ª Lei da Termodinâmica	25
3.3 2ª Lei da Termodinâmica	26
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA	30
4.1 – Parte teórica da metodologia.....	30
4.2 - Ambiente	30
4.3 - Caracterização da Pesquisa.....	31
4.4 - Local e Sujeitos da pesquisa)	32
4.5 – Descrição da proposta.....	32
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS	39
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46
Anexos	49
Apendices	53

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Professor Natal Luís explica o processo de destilação alcoólica	30
Figura 2 – Técnico explica o processo de produção de aguardente de cana	31
Figura 3 – Sala de fermentação da cachaça Seleta e cachaça Boazinha	33
Figura 4 – Fase inicial do processo – cana sendo triturada	34
Figura 5 -Fornalha onde se realiza a queima de parte do bagaço produzido a partir da moagem da cana	34
Figura 6 – Dornas de carvalho com capacidade para 150.000 litros onde a cachaça passa pelo processo de envelhecimento.	35
Figura 7 – Sala dos Engenhos.....	35
Figura 8 – Sala das Garrafas.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBC – Currículo Básico Comum

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CTSA – Ciências Tecnologia Sociedade e Ambiente

CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade

ECA – Estatuto da Criança e do Adolescente

EJA – Educação de Jovens e Adultos

EM – Ensino Médio

GRES – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PIR – Planejamento Integrado de Recursos

PNTU – Potentially Meaningful Teaching Unit

SBF – Sociedade Brasileira de Física

SD – Sequência Didática

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UBS – Unidade Básica de Saúde

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE AÇÚCAR

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

RESUMO

Neste Trabalho aplicou-se a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de importantes conceitos físicos da Termodinâmica a partir da destilação de aguardente de cana, popularmente conhecida como cachaça . O processo de destilação de aguardente de cana faz parte do cotidiano dos nossos alunos, uma vez que a produção de aguardente exerce um papel muito importante na economia local, gerando renda e tornando a cidade de Salinas conhecida dentro e fora do estado de Minas Gerais. Para isso, realizou-se uma pesquisa com estudantes do ensino médio de uma escola da rede pública de Minas Gerais. Foram analisadas, através de um questionário composto por questões conceituais, as limitações conceituais dos alunos em relação a temas relacionados a Termodinâmica Básica e o nível de conhecimento destes sobre o processo de destilação de aguardente de cana, tecendo uma conexão entre tal processo e os conceitos de temperatura, pressão e volume. Constatou-se, a partir da aplicação do questionário, uma dificuldade dos estudantes em relação aos temas básicos, todavia, evidenciou-se a familiaridade dos mesmos em relação ao processo de destilação da aguardente de cana. Diante deste quadro, e na tentativa de contribuir para sua mudança, elaboramos uma Sequência Didática, intitulada “O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio”, para a abordagem desses temas em sala de aula. Utilizou-se como apoio metodológico uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa baseada em situações-problemas contextualizadas e organizadas a partir de atividades diversificadas. Participaram da pesquisa estudantes do Ensino Médio, mais especificamente do 2º ano, por apresentar a disciplina de Termodinâmica na matriz curricular.

Palavras-Chaves: Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, Ensino de Física, Destilação de aguardente de cana.

**USING THE DESTILATION PROCESS OF THE SUGGAR CANE BRANDY AS
MOTIVATION ELEMENT FOR THE THERMODYNAMICS CONCEPTS
TEACHING IN HIGH SCHOOL**

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

ABSTRACT

The present work expectation was to develop a Potentially Meaningful Teaching Unit -PMTU for the main Thermodynamics physical concepts teaching from the cane spirit distillation. The cane distillation process is part of our students' daily lives, since the spirit production plays a very important role in the local economy, generating income and making the Salinas city known inside and outside the state of Minas Gerais. For this, a research was carried out with high school students from a public school in Minas Gerais. Initially, the participants' conceptual limitations were analyzed in relation to Basic Thermodynamics themes and their knowledge level about the cane distillation process, making a connection between this process and the concepts of temperature, pressure and volume, using it as an instrument of collects a questionnaire composed of conceptual questions. It was observed, from this instrument, a difficulty of the group of students in relation to the basic themes, however, it evidenced the familiarity of the students with the distillation process. In view of this situation, and in an attempt to contribute to its change, a didactic sequence was constructed, entitled. The process of cane distillation as a motivating element for the thermodynamics concepts teaching in high school”, to addressing these issues in the classroom. The PMTU methodological support was used, based on contextualized problem situations and organized based on diversified activities. High school students participated in the research, more specifically in the 2nd year, since they present thermodynamics in the curriculum.

Key words: Potentially Meaningful Teaching Unit - PMTU, Physics Teaching, Cane Brandy Distillation.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

É de consenso na comunidade científica que os primeiros a tentar desvendar o “mistério” do fogo foram os homens das cavernas, ao utilizá-lo para se aquecer e cozinhar. Os filósofos gregos acreditavam que o fogo, assim como a água, a terra e o ar, era um dos elementos formadores da natureza. Essa ideia foi aceita por cerca de dois mil anos, incluindo-se nesse período os alquimistas, que admitiam que o fogo possuía um poder extraordinário para levá-los à pedra filosofal e ao elixir da vida. A definição de calor não é tão trivial, principalmente ao considerarmos sua natureza abstrata. De tal forma que esse conceito foi palco de várias discussões na pesquisa científica até o início do século XX, quando cientistas como Lavoisier, Thompson, Pierre Gassendi entre outros defendiam o calor como um fluido imponderável, sendo chamado de calórico, enquanto outros cientistas como Francis Bacon e Robert Hooke defendiam a ideia de calor como resultado do movimento das partículas, segundo Tipler (1978).

O calor está direta ou indiretamente presente em todos os processos que ocorrem na natureza. Nas nossas residências ou em outros locais, podemos identificar e avaliar elementos que propiciam conforto térmico. Tais competências estão relacionadas ao estudo do calor, por meio das quais fazemos a escolha adequada de materiais, tipo de iluminação, ventilação etc.

Para isso, será indispensável identificar fontes de energia térmica e decursos do calor pesquisando propriedades de substâncias e processo de transformação de energia. A irreversibilidade dos processos térmicos será indispensável para que se compreenda tanto o sentido do fluxo de calor como a “crise de energia”, assim como limites em sua utilização.

Sabendo disso, foi aplicado na turma um questionário de conhecimento prévio (Q1) para se avaliar o grau de entendimento acerca do conceito de calor. Analisando as respostas, percebe-se que a maioria dos alunos têm dificuldades de conceituar fisicamente o que é calor, pois apresentam confusão entre o conceito deste termo e o de temperatura. Foi observado que o conceito de calor também é muito confundido com o de sensação térmica e alta temperatura, apesar de várias discussões sobre estas definições em âmbito científico. Atualmente, sabe-se que o calor, assim como o trabalho, é uma grandeza que não pode ser medida diretamente e ambos são processos de transferência de energia entre sistemas. Por isso muitos livros de Física, principalmente do ensino médio, afirmam que o calor é a energia em trânsito.

Outra situação preocupante é que os professores de Física, em particular no ensino da Termodinâmica, não enfatizam a importância que a atividade de resolução de problemas

representa para o processo de aprendizagem, o que pode ser evidenciado na ausência de tal abordagem nos seus planos de aula.

Nesse contexto percebe-se que a orientação básica fornecida para assimilação do conhecimento que está sendo abordado em um tópico particular, resume-se, na maioria das vezes, à resolução de listas de problemas e exercícios, ora especialmente preparada, ora simplesmente retirada do material didático adotado, situação tal que caracteriza as expressões “problema” e “problematização”. Talvez o que tenha maior relevância para o planejamento do processo de formação dos alunos seja considerar que o conteúdo cognitivo das formulações contidas nos conceitos, modelos, leis e teorias da Física é convenientemente contextualizado, exemplificado e passível de ser apropriado na medida em que o aprendiz se envolva e se dedique à solução de problemas.

A escolha do tema Física Térmica se justifica pela sua aplicabilidade em situações cotidianas diversas com as quais os alunos convivem corriqueiramente, do tipo: queima de tijolos e telhas, relacionados a fornos de cerâmicas, pois existe três grandes cerâmicas na cidade; aquecimento de caldeiras nos alambiques, algo muito comum na região e para as quais atribuem significados, muitas vezes não condizentes com os conceitos da Física.

Os nossos alunos na sua maioria residem na zona urbana, mais por viverem em uma cidade do interior do Norte de Minas Gerais, todos tem uma ligação direta ou indireta com a zona rural, característica que justifica o fato de terem tanta familiaridade com o setor produtivo de aguardente de cana.

Ao propor o trabalho com a Física Térmica, embasado na teoria de Ausubel *et al.* (1980) e Moreira (2010), cogitamos ser possível a aprendizagem significativa se o professor, ao iniciar seu trabalho, lançar mão de recursos que possibilitem mensurar o nível de desenvolvimento dos alunos em relação à existência dos conceitos “subsunçores” e, a partir disso, escolher o material didático de apoio adequado para a construção dos organizadores prévios e, finalmente, desenvolver atividades de ensino propícias, levando em consideração a predisposição do educando.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho apoia-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel *et al.* (1980), por ser esta uma teoria sólida e voltada para a sala de aula. O que é encontrado também no trabalho de Moreira (2010), que fornece princípios adequados à proposta desta pesquisa, possíveis de serem aplicados no contexto educacional, sendo, portanto, utilizados para embasamento teórico.

Diante deste problema, na tentativa de contribuirmos para uma possível solução,

elaboramos uma sequência didática (SD) para aprendizagem de alguns conteúdos da termodinâmica direcionados ao ensino médio. Na SD abordamos uma experiência em que os principais aspectos da destilação de aguardente de cana servirão de base para a discussão dos conceitos físicos de calor, temperatura e pressão.

O referencial teórico adotado propicia fazer uma reflexão sobre a docência de Física no Ensino Médio e apresenta as concepções de ensino baseadas no enfoque CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – e na experimentação, que tem como perspectiva a formação para o exercício da cidadania a partir da aplicação do conhecimento científico em situações que envolvam o contexto social dos alunos. A metodologia se fundamenta numa pesquisa qualitativa a partir do desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos principais conceitos físicos da Termodinâmica, a partir da destilação de aguardente de cana e os materiais utilizados como combustíveis nas caldeiras dos alambiques. A UEPS é baseada na utilização de estratégias de ensino diversificadas que foram aplicadas no 2º ano do ensino médio na Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, situada no espaço urbano da cidade de Salinas, no Norte de Minas Gerais. A cidade é conhecida como a capital mundial da cachaça, título esse que contribuiu para desmistificar o cenário de pobreza e miséria da região, atraindo os olhares e mostrando outras potencialidades ali existentes.

A escolha da referida escola está relacionada à sua localização e ao fato de atender o ensino médio, em particular o segundo ano, baseado no Currículo Básico Comum de Minas Gerais (CBC) que contempla o estudo de Física Térmica.

Justificativa

Utilizando estratégias de ensino voltadas para a compreensão da Física a partir da destilação de aguardente de cana, pode-se criar um ambiente favorável para aprendizagem significativa. Ao explicar os princípios físicos envolvidos no processo de destilação, o aluno poderá despertar o interesse em aprender os conceitos físicos, uma vez que a produção de aguardente de forma artesanal faz parte da economia local. Segundo Moreira (2000), o conhecimento prévio é o fator que mais influencia na aprendizagem, por isso é possível aprender a partir daquilo que é conhecido. Nesse sentido, a utilização de sequências de ensino baseadas em situações-problemas contextualizadas e organizadas a partir de atividades diversificadas podem auxiliar os professores que atuam na docência desta disciplina, mesmo que não tenham formação específica em Física, bem como a trabalhar corretamente os conceitos físicos e associá-los aos fenômenos naturais e tecnológicos presentes na vida do estudante. O ensino de Física, quase sempre se fundamenta em expressões matemáticas e memorização de

conceitos, gerando um desinteresse por parte dos estudantes.

Ao fazer uso de processos mecânicos durante o ensino, o professor despreza a oportunidade de contextualizar a matéria. Entretanto, ao fazer uma aplicação prática, aproxima os alunos de fenômenos físicos cotidianos.

No presente estudo foram apresentadas fundamentações teóricas que mostram algumas pesquisas feitas na área de Física Térmica e também sobre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A metodologia utilizada na elaboração da sequência didática e na sua verificação de eficácia se deu pela análise de conteúdo. Nas conclusões, obteve-se resultados em termos dos conhecimentos dos alunos sobre o tema, bem como o processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para a aprendizagem de conceitos da Termodinâmica no ensino médio.

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico adotado propicia uma reflexão sobre a docência de Física no Ensino Médio e apresenta as concepções de ensino baseadas no enfoque CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – e na experimentação, que tem como perspectiva a formação para o exercício da cidadania a partir da aplicação do conhecimento científico em situações que envolvam o contexto social dos alunos. A metodologia se fundamenta numa pesquisa qualitativa a partir do desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos principais conceitos físicos da Termodinâmica, a partir da destilação de aguardente de cana e os materiais utilizados como combustíveis nas caldeiras dos alambiques. A UEPS baseada na utilização de estratégias de ensino diversificadas que foram aplicadas no 2º ano do ensino médio na Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, situada no espaço urbano da cidade de Salinas, no Norte de Minas Gerais.

A sistematização dos conteúdos em uma UEPS mostra-se como um artifício de apoio-pedagógico ao oportunizar um ensino que estimula a participação ativa e a construção da autonomia dos alunos (Sobiecziak , 2017) .

2.1 A Aprendizagem Significativa Crítica na visão de Marco Antônio Moreira.

A principal ideia da teoria da aprendizagem significativa tem como proposição:

Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional 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-o de acordo. (AUSUBEL, 1978, p)

Nesta perspectiva, David Ausubel se refere a estrutura cognitiva preexistente como influência na aprendizagem do novo conteúdo. A aprendizagem cognitiva ocorre quando a informação é armazenada de forma organizada na mente do aprendiz.

Em sua teoria Ausubel define como subsunçor ou ideia-âncora, este conhecimento necessário à nova aprendizagem, que tem o importante papel de permitir que o novo conhecimento tenha um significado. Sendo este um processo interativo, visto que o subsunçor pode se modificar e dar lugar ao novo conhecimento.

Moreira (2012) destaca que existem duas condições para a aprendizagem significativa: 1) O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. É necessário compreender que um material é potencialmente significativo se tiver um significado lógico, e que o aluno tenha em sua estrutura cognitiva subsunções capazes de se relacionar com este material.

Na segunda condição é apresentada o grande desafio para o professor, que ele queira relacionar os seus conhecimentos com a nova informação, para que assim se estabeleça um significado.

Nesta perspectiva o sucesso da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura do professor, do que das metodologias aplicadas, mesmo quando nos referimos as modernas tecnologias de informação e comunicação (Moreira, 2012).

2.1.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

São seqüências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula, conforme afirma Moreira (2011).

Partindo das premissas de que só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa. Para isso deve se propor materiais de ensino que sejam potencialmente significativos.

A construção da UEPS segue os princípios da aprendizagem significativa devendo conter a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação em sua organização para o ensino.

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita com a finalidade de buscar evidências da sua efetiva realização.

O professor, nesse processo, exerce um papel de provedor de situações-problema selecionadas e organizadas com o objetivo da captação de significados por parte do aluno.

Aspectos sequenciais:

Nessa proposta Moreira (2011, p.47) destaca os seguintes aspectos sequenciais:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino,

supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver

uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

A construção da UEPS parte do princípio que o ensino e a aprendizagem não são indissociáveis, dessa forma, não se pode dizer que o ensino ocorre se não se verifica a aprendizagem significativa. Neste contexto, todo o trabalho pedagógico deve ser subsidiado por materiais didáticos potencialmente significativos (MOREIRA, 2011).

CAPÍTULO 3 - OS PRINCÍPIOS DA TERMODINÂMICA

O presente capítulo aborda os principais conceitos Físicos associados à Termodinâmica . Para elaboração deste, consultamos as seguintes fontes: Tipler (1978); GREF (1991); Notas de aulas do Professor Dr. Luizdarcy Matos Castro– UESB (principais referências: Introdução à Física Estatística – Silvio R. A. Salinas; Origens e Evolução das Idéias da Física - José Fernando Rocha (org); Aspectos Contemporâneos da Física – José Maria Filiardo Bassalo; Termodinâmica – Walter F. Wreszinski; Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio – Carlos Fiolhais; Manuel Fiolhais; Fundamentals of Statistical and Thermal Physics – Frederick Reif; Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística – Francis Weston Sears e Gerhard L. Salinger).

3.1 – Conceitos fundamentais da Termodinâmica

Por que devemos estudar Termodinâmica? Vamos recorrer a uma expliação dada pelo próprio Einstein que evidencia muito bem a importância do estudo da Termodinâmica:

Uma teoria tem tanto mais impacto quanto maior for a “simplicidade das suas premissas”, quanto mais diversas forem as coisas relacionadas e quanto maior for a sua área de aplicabilidade. Daí a impressão profunda que a Termodinâmica clássica me causou. É a única teoria física de conteúdo universal a respeito da qual estou convencido que, no quadro da aplicabilidade dos seus conceitos básicos, nunca será ultrapassada. Somente por estas razões é “uma parte muito importante da formação de um físico.” – **Albert Einstein em 1949.** (FIOLHAIS, 1998, p. 1, grifo nosso)

A Termodinâmica é o ramo da Física que estuda os sistemas macroscópicos (sistemas com número suficientemente grande de constituintes). Está baseada num conjunto de princípios ou leis, obtidos a partir da observação experimental, de onde se extraem as consequências lógicas. É possível explicar grande parte do comportamento dos referidos sistemas a partir desse pequeno conjunto de princípios. Esta possibilidade constitui um dos principais atrativos da Termodinâmica.

Mas como podemos definir um sistema termodinâmico? É uma porção do universo incluída em alguma superfície fechada chamada fronteira, as propriedades do sistema podem ser univocamente e completamente descritas especificando certos parâmetros macroscópicos. Uma porção do sistema é denominado de subsistema. Designa-se por sistema termodinâmico

uma região macroscópica limitada por uma fronteira, real ou abstrata. O que fica fora do sistema, e que pode interagir com este, chama-se vizinhança ou meio exterior, conjunto do sistema e vizinhança é o universo.

Mas como os Sistemas Termodinâmicos podem ser classificados? Os Sistemas Termodinâmicos podem ser classificados como segue:

Isolado - Não interagem sob nenhuma circunstância com o meio externo. As fronteiras devem ser impermeáveis a qualquer forma de energia e matéria. A energia total E é uma quantidade conservada para estes tipos de sistemas e pode ser usada para caracterizar o macroestado. O mesmo vale para o número de partículas N e o volume V .

Fechado - aqui permitirmos unicamente o intercâmbio de energia com o meio externo. Assim a energia não é mais uma quantidade conservada. A energia do sistema flutuará devido à troca de energia com o meio externo. No entanto, se o sistema fechado estiver em equilíbrio térmico com o meio, a energia terá um dado valor médio que estará relacionado com a temperatura do sistema ou do meio externo. Podemos usar então a temperatura juntamente com N e V , para caracterizar o macroestado.

Aberto - estes sistemas podem trocar energia e matéria com o meio externo. Assim, nem a energia nem o número de partículas são quantidades conservadas. Se um sistema aberto está em equilíbrio com o meio, que irá fixar sua temperatura e seu potencial químico, são assumidos valores médios para a energia e o número de partículas os quais estão relacionados com a temperatura e o potencial químico. Podemos, assim, usar a temperatura e o potencial químico para caracterizar o macroestado. Para entender o conceito de potencial químico consideremos o trabalho necessário para adicionar uma partícula ao sistema. Podemos pensar que este processo não requer trabalho, mas não é o caso. O sistema deve manter o equilíbrio depois de receber a nova partícula, assim, não podemos simplesmente colocar a partícula em repouso no sistema. Ela deve ter uma dada energia, comparável à energia média de todas as outras partículas. Definimos

$$\tau dW = \mu dN,$$

como sendo o trabalho necessário para mudar em dN o número de partículas do sistema. A quantidade μ (potencial químico) representa a resistência do sistema à adição de partículas.

Para que possamos continuar nosso estudo da Termodinâmica, precisamos definir estado termodinâmico. O estado Termodinâmico é caracterizado pela especificação do conjunto de todos os parâmetros termodinâmicos necessários para descrever o sistema. Os

parâmetros termodinâmicos são quantidades macroscópicas mensuráveis associada a uma dada característica do sistema (pressão, temperatura, volume, campo magnético, etc.)

Precisamos complementar o exposto acima com classificação dos parâmetros termodinâmicos. Os parâmetros termodinâmicos são definidos experimentalmente e classificados em duas categorias:

Parâmetros Extensivos - são aqueles proporcionais à quantidade de matéria do sistema e por isso são conhecidos como grandezas aditivas. Exemplos: energia interna (U), entropia (S), volume (V).

Parâmetros Intensivos - são parâmetros, por exclusão, não aditivo, independentes da quantidade de matéria do sistema. Exemplos: temperatura (T), pressão (p), densidade (ρ), potencial químico (μ).

3.1.1 – Temperatura

O conceito de temperatura está relacionado com a sensação do que vem a ser um corpo quente ou frio. Utilizamos o tato para identificar se um objeto está quente ou frio. As propriedades físicas de um material sofrem alteração quando é aquecido ou resfriado. A maioria dos sólidos e dos líquidos se expande ao serem aquecidos, e um gás também sofre expansão ao ser aquecido com pressão constante. Essas propriedades físicas, que se alteram com a temperatura, são chamadas propriedades termométricas. Por sua vez, uma alteração em uma propriedade termométrica indica que a temperatura do corpo sofreu alteração. Uma propriedade termométrica pode ser utilizada para estabelecer uma escala de temperatura.

Se duas barras metálicas (uma quente e outra fria) forem colocadas em contato, espera-se que a barra quente se esfrie, e que a barra fria seja aquecida. Depois de certo tempo, não será mais observado aquecimento ou resfriamento, o que significa que as barras estarão em equilíbrio térmico. Esta situação hipotética se refere à Lei Zero da Termodinâmica, que afirma que dois corpos terão a mesma temperatura se estiverem em equilíbrio térmico entre si. Microscopicamente podemos definir a temperatura como sendo a medida da energia cinética média das moléculas de um corpo.

3.1.2– Calor e Trabalho

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre o calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível, que “preencheria os poros” dos corpos e escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor poderia ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação de calor. A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. A principal dificuldade estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada.

Daí considerar que calor e trabalho “são formas de energia” trocadas com o sistema. O Calor Q é energia em trânsito de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles. O Trabalho W é a energia que é transferida de um sistema para outro de tal modo que a diferença de temperaturas não esteja envolvida. Essa definição é limitada e pode ser melhorada com a definição de trabalho de configuração e trabalho dissipativo.

A troca de energia com a vizinhança, seja na forma de Q ou W , muda o estado de equilíbrio do sistema. As grandezas Q e W não são características do estado de equilíbrio do sistema, mas sim dos processos termodinâmicos pelos quais o sistema passa quando vai de um estado de equilíbrio para outro. Desse modo, se um sistema vai de um estado de equilíbrio inicial para outro estado de equilíbrio final, por dois caminhos diversos, para cada caminho, ele terá um valor de Q e W específico.

Quando certa quantidade de calor é transmitida para um corpo, na maioria dos casos, a sua temperatura cresce. A quantidade de calor necessária para aumentar, em certo valor, a temperatura de uma substância depende da quantidade dessa substância, e varia de acordo com a substância. Se forem necessários 3 minutos para ferver 1 litro de água numa certa chama, serão necessários 6 minutos para ferver 2 litros de água na mesma chama. Se, no entanto, formos aquecer 1 litro de azeite na mesma chama, será necessário um tempo maior que 03 minutos.

3.2 – 1ª Lei da Termodinâmica

A energia U de um sistema deve depender unicamente do valor de suas variáveis termodinâmicas e, portanto, de seu estado termodinâmico. No estado 1 essa energia tem valor U_1 , e no estado 2 seu valor é U_2 . A diferença $\Delta U = U_2 - U_1$ não pode depender da forma como

o sistema evolui do estado inicial para o estado final. Por outro lado, a alteração da energia do sistema deve ser igual ao calor recebido da vizinhança menos o trabalho que ele realiza sobre a vizinhança, combinando tais fatos escrevemos $\Delta U = Q - W$.

De forma simplificada, a primeira lei da termodinâmica estabelece o fato de que existe uma função das variáveis termodinâmicas denominada energia interna U do sistema. A cada estado de equilíbrio termodinâmico corresponde portanto um valor unívoco da função U . Em um processo infinitesimal qualquer, a diferencial dessa função é dada por

$$dU = d'Q - d'W$$

A diferencial dU indica que a energia interna não depende da forma como o sistema evolui do estado inicial para o estado final. Já as diferenciais $d'Q$ e $d'W$ indicam que o calor e o trabalho dependem da forma como o sistema evolui do estado inicial para o estado final. Dizemos que dU é uma diferencial exata e as diferenciais $d'Q$ e $d'W$ não são diferenciais exatas.

3.3 – 2ª Lei da Termodinâmica

Na experiência cotidiana percebemos que o calor sempre vai naturalmente do corpo mais quente para o mais frio, até que as temperaturas se equilibrem. Mas nunca acontece o contrário: o calor naturalmente ir do corpo mais frio para corpo mais quente, esquentando o mais quente e esfriando o mais frio. Essa frase anterior chega a incomodar do absurdo que ela reflete. Porque acontece isso, se as duas transformações são equivalentes em termos energéticos: a energia seria conservada em ambas as situações.

As mudanças que acontecem com a energia dentro de um sistema fechado não impõem o sentido de processos irreversíveis. Essa direção é imposta pela análise da variação de uma outra grandeza termodinâmica: a entropia. A entropia está associada com o grau de organização de um sistema. E esse grau de organização não pode nunca diminuir naturalmente. Quando um sistema esfria significa que diminuiu a sua energia interna e, portanto a amplitude de seus movimentos, o número de graus de liberdade. Isso implica em torná-lo mais organizado. Nessa situação, esfriar o sistema significaria diminuir a entropia, e por isso que, em um sistema isolado a temperatura nunca diminui.

Sempre é possível transformar completamente trabalho em calor. Por exemplo, quando um automóvel freia, o trabalho que foi realizado para colocá-lo em movimento se transforma integralmente em calor pelo atrito nos freios e pelo atrito entre os pneus e a superfície da estrada. Já a transformação inversa, de calor em trabalho, nem sempre é possível. Ela está sujeita a algumas condições. O segundo princípio da termodinâmica estabelece, basicamente, quais são essas limitações. Ele afirma que: *não é possível construir uma máquina*

térmica que transforme integralmente calor em trabalho. Uma parte do calor que o sistema recebe haverá de ser jogada fora.

Máquina térmica ou motor é um dispositivo que extrai energia do ambiente, na forma de calor, e realiza trabalho útil. No interior de toda máquina térmica está uma substância de trabalho, que sofre as transformações termodinâmicas que possibilitam as mudanças de forma da energia. Para que uma máquina funcione de maneira permanente é necessário que ela opere em ciclos, ou seja: a substância de trabalho passa por diversas transformações termodinâmicas até retornar ao estado inicial, completando um ciclo.

De modo geral as máquinas térmicas operam em ciclo entre duas fontes térmicas com temperaturas diferentes. Uma máquina térmica retira calor da fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria e transforma essa diferença de energia em trabalho mecânico. Por exemplo, o motor de um automóvel pode ser considerado uma máquina térmica que troca calor com duas fontes a temperaturas diferentes. Ele recebe calor da fonte a alta temperatura, constituída pelo cilindro no qual ocorre combustão da mistura ar-gasolina. Uma parte desse calor é cedida ao ar (a fonte de calor com temperatura mais baixa), em que são despejados o gás de descarga e o calor do radiador. O restante da energia liberada pela combustão da gasolina serve para movimentar o automóvel. O calor descarregado no ar não é utilizado, tendo apenas o efeito de aquecer o ambiente.

Após todos esses comentários sobre máquinas térmicas fica a pergunta: é possível idealizar um motor ideal que possui o maior rendimento dentre todas as máquinas térmicas? Para responder essa pergunta temos que falar sobre a máquina de Carnot. Até meados do século XIX, acreditava-se ser possível a construção de uma máquina térmica ideal, que seria capaz de transformar toda a energia fornecida em trabalho, obtendo um rendimento total (100%). Para demonstrar que não seria possível, o engenheiro francês Nicolas Carnot (1796-1832) propôs uma máquina térmica teórica que se comportava como uma máquina de rendimento total, estabelecendo um ciclo de rendimento máximo, que mais tarde passou a ser chamado **Ciclo de Carnot**.

No ano de 1824, publica sua obra (única em sua vida): "Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance" (Reflexões sobre Potência Motriz do Fogo e Máquinas Próprias para Aumentar essa Potência) – o qual faz revisão das importâncias industrial, política e econômica da máquina a vapor. Em 1832, morre subitamente de cólera, no dia 24 de agosto. Apesar de quase todas suas coisas terem sido incineradas – como era de costume da época – parte de suas anotações escaparam à destruição. Essas anotações mostram que Sadi Carnot havia chegado à ideia de que, essencialmente, calor

era trabalho, cuja forma fora alterada. Por essa, Nicolas Leonard Sadi Carnot é, por excelência, considerado o fundador da Termodinâmica – ciência que afirma ser impossível a energia desaparecer, mas apenas a possibilidade da energia se alterar de uma forma para outra.

A possibilidade de conversão entre calor e trabalho possui restrições para as chamadas máquinas térmicas. O Segundo Princípio da Termodinâmica, elaborado em 1824 por Sadi Carnot, é enunciado da seguinte forma:

“Para haver conversão contínua de calor em trabalho, um sistema deve realizar ciclos entre fontes quentes e frias, continuamente. Em cada ciclo, é retirada uma certa quantidade de calor da fonte quente (energia útil), que é parcialmente convertida em trabalho, sendo o restante rejeitado para a fonte fria (energia dissipada)”

Para um ciclo de Carnot, não importando a substância utilizada pela máquina, podemos escrever

$$Q_1 / Q_2 = -T_1 / T_2$$

Podemos então dizer que quando uma máquina térmica realiza um ciclo reversível usando duas transformações isotérmicas de temperaturas T_1 e T_2 e duas transformações adiabática que partem de uma isotérmica e alcança a outra, como foi indicado anteriormente, nós temos que:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^2 \frac{Q_i}{T_i} = 0$$

Nosso próximo passo será argumentar que qualquer ciclo reversível pode ser aproximado com a precisão que se queira por uma sucessão de processos alternadamente adiabáticos e isotérmicos. Se tivermos um grande número de transformações reversíveis alternadamente isotérmicas e adiabáticas, de modo que esse sistema complete um ciclo, poderemos generalizar a equação anterior como:

$$\sum_{i=1}^{2N} \frac{Q_i}{T_i} = 0$$

Tomando o limite em que a malha se torna infinitamente fina, podemos escrever

$$\oint_C \frac{dQ}{T} = 0.$$

Vemos assim que em qualquer ciclo C reversível a integral da razão entre o calor recebido pelo sistema e a temperatura, T , em que o sistema está ao receber a respectiva dose de calor, dQ , é nula. Essa generalização da soma anterior é conhecida como o teorema de Clausius.

A grandeza dQ/T é denominada diferencial da entropia dS de Clausius (1865).

Mas, como ficaria a variação da entropia total do universo (sistema + vizinhança) para um processo irreversível? Em um processo reversível, a diferencial da entropia do sistema é dada por

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Sendo o processo reversível, a quantidade de calor envolvida nesta equação tem de ser obtida de uma vizinhança à mesma temperatura T . Nesse caso, a mudança na entropia da vizinhança é

$$dS_{\text{vizinhança}} = -\frac{dQ}{T}$$

Portanto, a mudança da entropia do universo (sistema mais a vizinhança) em uma troca reversível de calor é

$$dS_U = dS + dS_{\text{vizinhança}} = \frac{dQ}{T} - \frac{dQ}{T} = 0.$$

Podemos então dizer a variação da entropia total do universo (sistema + vizinhança) é

$$dS_U = 0.$$

Consideremos agora uma troca de calor entre dois sistemas a temperaturas diferentes. Um sistema à temperatura T_1 cede calor a outro à temperatura mais baixa T_2 , o que constitui um processo irreversível. Suporemos que essa troca seja lenta o suficiente para que cada sistema esteja sempre em estado de quase-equilíbrio. Nesse caso

$$dS_U = \frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1}.$$

Uma vez que $T_1 > T_2$, concluímos que

$$dS_U > 0.$$

Portanto, em uma troca irreversível de calor a entropia do Universo (do sistema mais do ambiente) sempre aumenta. Na verdade, isso é o que ocorre em qualquer processo irreversível, haja ou não troca de calor entre dois sistemas. Se um sistema isolado passa por um processo irreversível qualquer, sua entropia aumenta, apesar de o sistema não receber nenhum calor. Assim, a variação da entropia de um sistema em um processo qualquer é

$$dS \geq \frac{dQ}{T}.$$

A equação acima expressa formalmente a formulação da segunda lei da termodinâmica, em palavra:

“A entropia do Universo nunca decresce. Ela fica invariante em processos reversíveis e cresce em processos irreversíveis. Se um sistema à temperatura T absorve calor dQ , sua variação de entropia é $dS \geq dQ / T$.”

Finalizamos este capítulo com a interpretação estatística da entropia, após, várias tentativas de apresentar uma ideia probabilística da 2ª Lei da Termodinâmica, Boltzmann apresentou, em 1877, a sua então célebre interpretação probabilística da entropia S ,

$$S = k_B \ln \Omega,$$

onde k_B é uma constante conhecida como constante de Boltzmann $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ e Ω é o número de microestados acessíveis ao sistema.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA

4.1 – Parte teórica da metodologia

Em relação à metodologia utilizada nessa pesquisa, optou-se pela abordagem qualitativa, por ser considerada uma investigação adequada no campo da Educação, em particular no Ensino de Ciências, uma vez que o investigador insere-se no ambiente da pesquisa, interagindo ali e examinando fenômenos sobre os quais esteja interessado, porque se preocupa com o contexto. Ele leva os participantes a se expressarem livremente, sobre determinado assunto e capta interpretações dadas pelas pessoas, compreendendo que as ações podem ser mais bem compreendidas, se observadas no ambiente em que ocorrem.

Para Marconi & Lakatos (2010), a metodologia qualitativa pressupõe uma análise e interpretação de aspectos mais profundos da complexidade do comportamento humano, além de fornecer análise mais detalhada sobre investigações, hábitos, atitudes, tendências e comportamentos.

O público pesquisado, com já mencionado anteriormente, foram estudantes do ensino médio, correspondendo a uma breve intervenção nessa realidade de formação. O objetivo seria a tentativa de modificar a prática pedagógica, ou seja, fornecer elementos para que esses estudantes utilizem conhecimentos de Termodinâmica em suas aulas. Portanto, aproxima-se de uma pesquisa empírica experimental qualitativa, assim caracterizada por Rosa:

A pesquisa empírica experimental qualitativa é caracterizada como uma intervenção na realidade cuja avaliação faz uso de instrumentos de coleta que fazem a recolha dos registros do tipo que se presta mais a uma análise de natureza qualitativa. Tipicamente, este tipo de pesquisa utilizará a Entrevista, o Questionário, a Filmagem, o Opinário e mesmo testes com questões abertas para coletar os registros. A técnica de análise que é mais utilizada é Análise de Conteúdo. (ROSA, 2013, p. 39).

Na perspectiva metodológica referida acima, o delineamento da pesquisa desenvolvida e apresentada neste trabalho, os recursos didático-pedagógicos construídos para pesquisa e os instrumentos de coleta de dados empregados estão sumarizados no ANEXO 1, elaborado pelo autor

4.2 - Ambiente

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede estadual de Educação, na cidade de

Salinas, no estado de Minas Gerais. A cidade está situada no vale do Jequitinhonha, cerca de 600 km da capital do estado, é conhecida nacionalmente como capital mundial da cachaça. Atualmente, a Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro funciona nos turnos matutino, vespertino e noturno e oferece o Ensino Fundamental II e Ensino Médio regular e na modalidade Educação de Jovens e Adultos – EJA, bem como o Ensino Médio Integral.

A escola possui um espaço apropriado para realização da pesquisa, com 23 salas de aula, um laboratório de informática, uma biblioteca, uma quadra poliesportiva, um refeitório, um salão de auditório uma Unidade Básica de Saúde (UBS). Existe também na escola salas: de professores, supervisão, secretária, setor pessoal e a direção. Cabe ressaltar ainda que essa instituição tem cerca de 1.348 alunos e 57 professores.

4.3 - Caracterização da Pesquisa

A pesquisa realizada é qualitativa, por meio de aplicação de um questionário com questões abertas, na qual se inclui as Unidades de Ensino Potencialmente Significativa desenvolvida por Marco Antônio Moreira.

4.4 - Local e sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro localizada na cidade de Salinas – Minas Gerais .

A amostra da pesquisa foi escolhida de forma intencional e irá compreender todos os alunos matriculados na turma do 2º A – Matutino. É importante salientar que essa amostragem não tem a pretensão de ser representativa do universo dos alunos do segundo ano do ensino médio das escolas brasileiras.

4.5 – Descrição da proposta

Buscamos desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS a partir dos processos de destilação de aguardente. A UESP foi aplicada durante 11 aulas no mês de novembro de 2018. Foram utilizadas estratégias pedagógicas diferenciadas (questionários, vídeo, visitas técnicas e experimentos didáticos) a partir de várias fontes.

Os experimentos escolhidos para compor a UEPS têm por finalidade demonstrar

alguns processos termodinâmicos e, ao mesmo tempo, discutir os conceitos de calor, temperatura e pressão.

A UEPS foi organizada em seis momentos descritos da seguinte forma:

1º Momento:

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar as concepções prévias dos alunos sobre os processos termodinâmicos e os princípios físicos associados a esses processos.

Atividade: Foi utilizado um questionário com onze questões abertas, disponível no ANEXO 1.

2º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Introduzir os conceitos de calor, temperatura e pressão a partir de duas situações-problema que irão funcionar como organizadores prévios.

Atividades: Na primeira parte da aula foram apresentados os vídeos conforme a Figura 1 e Figura 2 com a realização de um experimento onde o professor explica o processo de destilação alcoólica e um técnico descreve o processo de produção de aguardente de cana.



Figura 1 – Professor Natal Luis explica o processo de destilação alcoólica.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Gg4JGIlWgjQ> . Acesso em 21/09/2018 às 10:07



Figura 2 – Técnico explica o processo de produção de aguardente de cana.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=4dvkmEbpMM> . Acesso em 21/09/2018 às 09:58

Na segunda parte da aula, foram discutidos os textos “Temperatura e Calor” e “O que é pressão?”, disponíveis no Site Brasil Escola. A discussão desses textos buscou associar os conceitos físicos de calor, temperatura e pressão ao processo de destilação de aguardente de cana apresentado nas situações-problema.

3º Momento

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar a condutividade térmica de diferentes materiais e relacionar com a condutividade térmica dos materiais utilizados na fabricação de alambiques e o poder calorífico de diferentes materiais usados como combustível nas fornalhas para aquecer os alambiques.

Atividades: A turma foi dividida em grupos de no máximo 5 alunos. Cada grupo montou o experimento “ Testando condutividade térmica” e apresentou os resultados para os demais colegas. Tal experimento foi retirado do site Brasil Escola e será descrito a seguir.

Experimento - Condutividade térmica.

Objetivo:

Verificar a condutividade térmica de diferentes combustíveis.

Materiais:

- Tubo metálico oco
- Pedaco de papel higiênico duas bexigas
- Uma caixa de fósforos

Sugestão de Procedimento:

Primeiramente, encha um balão com água e outro com ar. Posteriormente, inicie o experimento indagando aos alunos a respeito do que acontecerá com o balão que está cheio de ar quando exposto ao fogo. É interessante buscar os conceitos prévios dos alunos, de forma a facilitar o aprendizado.

Depois, acenda os fósforos e coloque o balão com ar em contato com o fogo e observe o que acontece. Os alunos verão que ele estoura em um curto intervalo de tempo, quando em contato com o fogo. Pegue o balão que está cheio de água e coloque-o em contato com o fogo dos fósforos. Perceba que ele não estoura. Questione os alunos sobre o que está acontecendo. Por que o balão não estoura?

Em seguida, acenda o fósforo e aproxime-o do pedaco de papel higiênico. Verifique-se que ele pega fogo. Agora, enrole um pedaco de papel no tubo metálico e repita o procedimento. Os alunos verificarão que o papel não pega fogo.

Professor, instigue os alunos a construírem a resposta para tal fenômeno. Após uma breve tentativa de explicação, você deve dar a resposta de por que o balão não estourou.

Por Domiciano Marques

Graduado em Física

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Verificar como os conceitos de calor, temperatura ,pressão e mudança de fase se relacionam ao processo de destilação de aguardente de cana.

Atividades: A turma fez uma visita técnica a uma unidade de produção de aguardente, denominada Fazenda Engenho dos Rodrigues, onde é produzida a cachaça Seleta, cachaça Boazinha e outras três marcas, os alunos tiveram a oportunidade de conversar com o técnico de produção que explicou cada etapa do processo de produção, a começar pelo processo mecânico de trituração e moagem da cana até chegar ao processo final de destilação. O subproduto da fabricação de aguardente (o bagaço) é o combustível que alimenta as formilhas para aquecer as caldeiras, produzindo vapor, que é conduzido até o alambique. Aproximadamente 30% do bagaço produzido é utilizado como combustível, o restante é utilizado como abubo orgânico. Observamos então a oportunidade de desenvolver um novo trabalho, visando a utilização do bagaço de cana como materia prima para a produção de briquetes. As Figuras 3, 4, 5 e 6, são registros fotográficos desta visita.



Figura 3 – Sala de Fermentação da Cachaca Seleta e Cachaca Boazinha

Fonte: Acervo pessoal.



Figura 4 - Fase inicial do processo, cana sendo triturada
Fonte: Acervo pessoal.



Figura 5 - Fornalha onde se realiza a queima de parte do bagaço produzido a partir da moagem da cana. Fonte: Acervo pessoal.



Figura 6 - Dornas de carvalho com capacidade para 150.000 litros onde a cachaça passa pelo processo de envelhecimento. Fonte: Acervo pessoal.

5º MomentoTempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Contextualizar o conteúdo estudando e analisar a importância econômica e cultural do processo de produção artesanal de aguardente de cana (cachaça).

Atividades: A turma fez uma visita ao Museu da Cachaça, onde tiveram a oportunidade de conhecer a história e os diferentes processos de produção.



Figura 7 – Sala dos Engenhos

Fonte:<http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 28/09/2018 às 18:31.



Figura 8 – Sala das Garrafas

Fonte: <http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 28/09/2018 às 18:31.

6º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

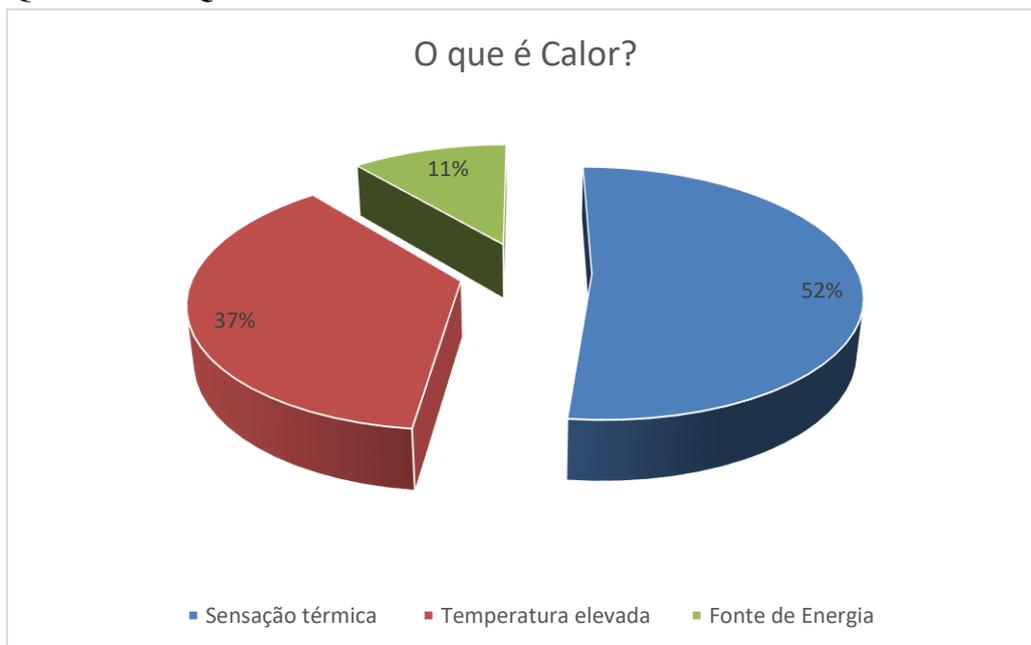
Objetivo: Realizar a segunda etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais. Os alunos também serão avaliados nas atividades colaborativas.

Atividades: Cada aluno criou um mapa conceitual que contemplou os conceitos de calor, temperatura, pressão e os fenômenos termodinâmicos estudados, como os processos de transferência de calor e as mudanças de fase, relacionados a destilação de aguardente e respondeu a um questionário avaliativo que consiste nas mesmas questões do questionário prévio, disponível no ANEXO 1.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS

Resultado das respostas do Questionário prévio com questões abertas: Para a análise dos dados usamos duas estratégias. Primeramente gráficamos as resposta logo em seguida usamos o quadro.

Questão 1- O QUE É CALOR?



Podemos perceber com o gráfico...

Categorias	Natureza das justificativas dadas pelos alunos
Sensação térmica (14 alunos)	Relacionar calor com sensação térmica é comum na linguagem cultural
Temperatura elevada (10 alunos)	Associar calor a algo quente
Fonte de energia (3 alunos)	Calor associado à ideia de trabalho

Em relação ao quadro 1 temos a natureza das resposta analisando por subsussor seguindo Ausubel.

Analisando as respostas da Questão 1, pode-se observar que a maioria dos alunos fizeram uma associação entre o conceito de calor e o de sensação térmica.

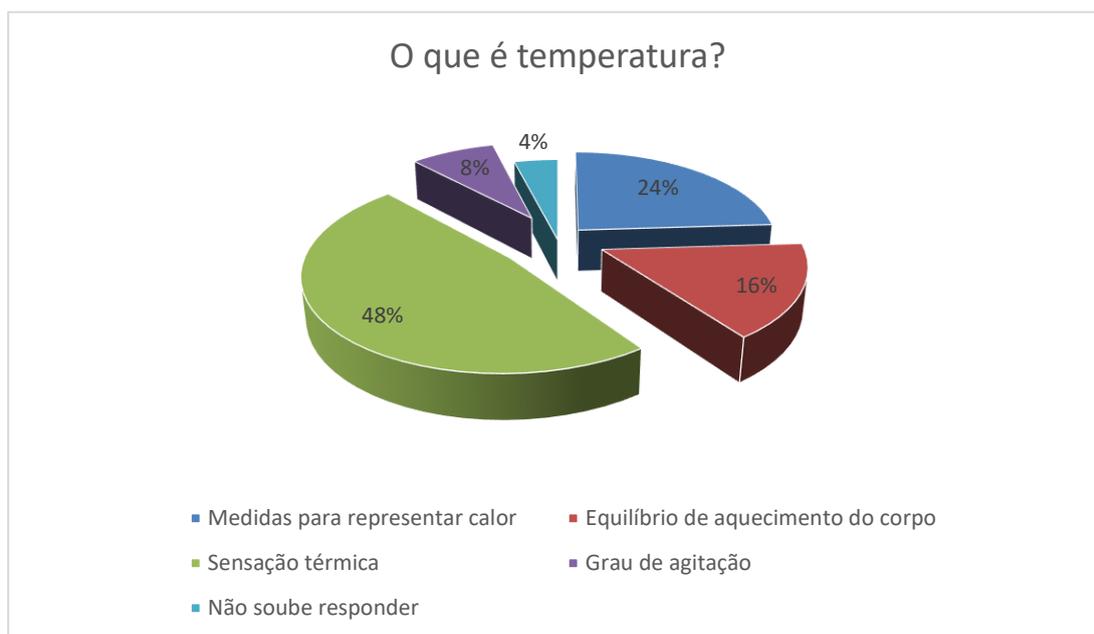
1. O QUE É CALOR?

Calor é quando o nosso corpo eleva a temperatura fazendo o corpo transpirar mais.

1. O QUE É CALOR?

CALOR É QUANDO NOSSO CORPO SE AQUECE E FAZ COM QUE SEJAMOS ISSO ACONTECE COM TODOS OS SERES VIVOS.

Questão 2- O QUE É TEMPERATURA?



Categorias	Natureza das justificativas dadas pelos alunos
Medida para representar calor (6 alunos)	Associar temperatura a medida de calor
Equilíbrio de aquecimento do corpo (4 alunos)	Temperatura como regulador de calor
Sensação térmica (12 alunos)	Relacionar temperatura com sensação térmica é comum na linguagem cultural
Grau de agitação (2 alunos)	Temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas
Não soube responder (1 aluno)	

Analisando as respostas da Questão 1, pode-se observar que a maioria dos alunos relacionam o conceito de temperatura com o de sensação térmica.

2. O QUE É TEMPERATURA?

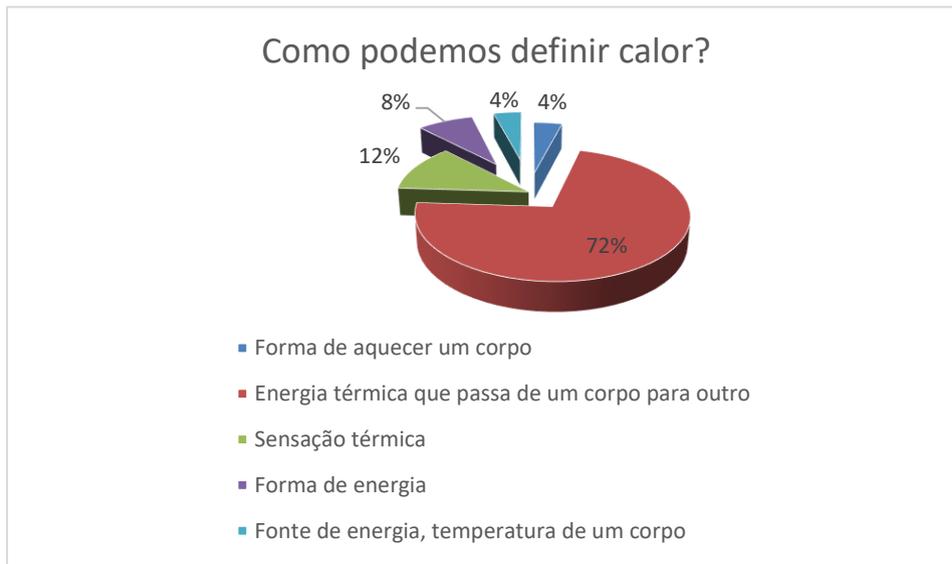
É uma forma de calor.

2. O QUE É TEMPERATURA?

TEMPERATURA É O CALOR DO AMBIENTE

Resultado das respostas do Questionário Avaliativo

Questão 1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?



Categorias	Natureza das justificativas dadas pelos alunos
Forma de aquecer um corpo (1 aluno)	Considera que o calor é a única forma de aquecer um corpo.
Energia térmica que passa de um corpo para outro (18 alunos)	Energia em movimento
Sensação térmica (3 alunos)	Calor relacionado ao ambiente
Forma de energia (2 alunos)	Calor e trabalho
Fonte de energia, temperatura de um corpo (1 aluno)	Calor relacionado a temperatura

Após a aplicação da SD, a maioria dos alunos respondeu corretamente sobre o conceito de calor.

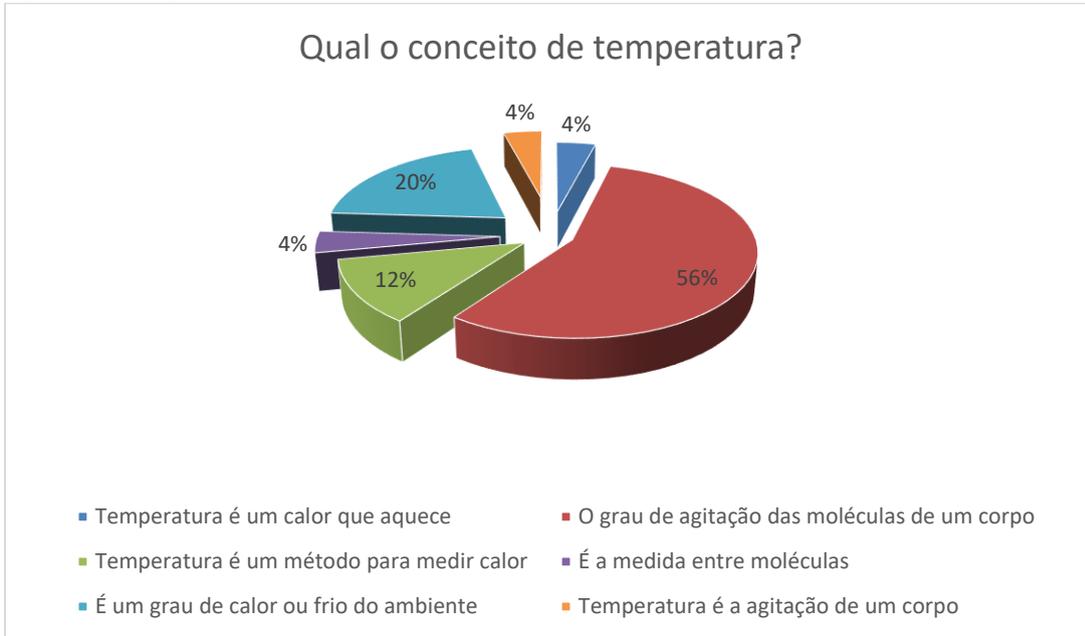
1. COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

Energia que passa de um corpo para o outro.

1. COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

Calor é uma energia térmica que passa de um corpo para outro.

Questão 2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?



Categorias	Natureza das justificativas dadas pelos alunos
Temperatura é um calor que aquece (1 aluno)	Confusão conceitual entre calor e temperatura
O grau de agitação das moléculas de um corpo. (14 alunos)	Agitação térmica
Temperatura é um método para medir o calor (3 alunos)	Valor numérico atribuído à medida de calor
É a medida entre moléculas, relacionado com o deslocamento da energia cinética (1 alunos)	Temperatura associada a energia cinética
É um grau de calor ou frio do ambiente (5 alunos)	Sensação térmica
Temperatura é agitação de um corpo (1 aluno)	Movimento dos corpos

Após a aplicação da SD, a maioria dos alunos respondeu corretamente sobre o conceito de temperatura.

2. QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

O grau de agitação entre as moléculas.

2. QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

Temperatura é a agitação de um corpo

Resultado por amostra de algumas questões do questionário sócio-econômico-cultural.

O questionário foi aplicado aos discentes do 2º ano do ensino médio do turno matutino, através do qual, percebemos que 96 % dos alunos residem em casa própria e apenas 4% residem em casa alugada.

Quando questionados a respeito da sua situação atual diante do orçamento familiar, 84% responderam que dependem integralmente da ajuda dos pais , 12% são independentes financeiramente e 4% contam com a ajuda de outros parentes.

Em relação a renda familiar, 56% tem renda total mensal entre um e três salários mínimos , 32% até um salário mínimo e 12% tem renda superior a cinco salários mínimos.

Os alunos demonstraram que tem uma estrutura familiar que favorece o processo de ensino, através do seu apoio financeiro e emocional.

Através desse questionário os alunos também tiveram a oportunidade de expressarem a sua satisfação em relação as aulas de física e avaliarem o trabalho do professor.

22. DURANTE AS AULAS DE FÍSICA A PROFESSOR:

	Nunca	Algumas vezes	Frequentemente
Incentiva os alunos a melhorar			X
Está disponível para esclarecer as dúvidas dos alunos			X
Dá oportunidade aos alunos para exporem opiniões nas aulas.			X
Relaciona-se bem com os alunos			X
Continua a explicar até que todos entendam a matéria			X
Mostra interesse pelo aprendizado de todos os alunos			X
Organiza bem a apresentação das matérias			X
Realiza uma avaliação justa			X
Varia a maneira de apresentar/ expor a matéria			X
Utiliza diferentes estratégias para auxiliar alunos com dificuldades			X
Procura saber sobre os interesses dos alunos			X
Demonstra domínio da matéria que ensinam			X
Cobra as tarefas passadas para casa			X
Dá aula com alegria e entusiasmo			X
Estabelece relação entre a teoria e a prática			X
É acessível aos alunos			X

23. O QUE VOCÊ ACHA DAS AULAS DE FÍSICA?

As aulas do professor Gilmar são excelentes, pois ele tem muito entusiasmo, educado e muito incentivado. As aulas teóricas eu adoro, mas as aulas de fórmulas eu não gosto, pois tenho muita dificuldade de aprender. (Obs: Eu não gosto de Contas). (Obs: O Professor ensina muito bem as fórmulas, outros alunos aprendem rápido, outros não. Mas é porque a gente não gosta de contas, e para a gente aprender temos que estudar).

Fazer perguntas os alunos.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que, após a aplicação da Unidade de Ensino proposta pelo presente estudo a partir do processo de destilação de aguardente, foram criadas as condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa e crítica dos conceitos físicos fundamentais da Termodinâmica, uma vez que, ao analisar os dados obtidos nos questionários aplicados, ficou evidenciado que os alunos puderam diferenciar os conceitos de temperatura, calor, pressão e mudanças de fase, bem como compreender a influência desses conceitos nas etapas da produção de aguardente. Além disso, observamos um maior interesse por parte dos alunos pela física e suas aplicações devido ao conhecimento adquirido na resolução de situações – problema.

Com a possibilidade de utilizar outros recursos, além daqueles oferecidos pela escola, leva o aluno a compreender que existe diferença entre aprender para fazer e o fazer para aprender. A prática torna o ensino mais atrativo, estimulando o aluno a ter uma visão mais ampla e dando sentido ao ato de estudar.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

ANEXATA: Transmissão de Calor por Radiação. Disponível em: <http://aexata.com.br/transferencia-de-calor/radiacao-termica/>. Acesso em 23 set. 2017.

BAGGIO, Ronaldo William de Oliveira. **Modelagem de uma Caldeira Flamotubular com Forno Aquatubular**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BRASIL ESCOLA. Testando condutividade térmica. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>

BRASIL ESCOLA. O que é pressão. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

BRASIL ESCOLA. Temperatura e Calor. Disponível em: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

COLA DA WEB. Efeito da Dilatação Térmica. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/termologia/dilatacao>. Acesso em 05 set. 2017.

COLÉGIO HORIZONTE. Termômetro de Mercúrio. Disponível em: <http://horizonte.forumeiros.com/t230-tipos-de-termometros-fisica-8-serie-9-ano>. Acesso em 20/09/2017.

COLÉGIO WEB. Mudanças de estado físico da água. Disponível em <https://www.colegioweb.com.br/4-ano/os-estados-fisicos-da-agua.html>. Acesso em 03 out. 2017.

DIEZ, Santos. **Experiências de Física na escola**. 4. ed. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.

ESTUDO PRÁTICO. Ilustração da Definição Matemática de Pressão. Disponível em <https://www.estudopratico.com.br/hidrostatica/>.

Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.22, nº 1- p.94-99, 2000.

Güemez, J., Fiolhais, C., Fiolhais, M. **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**, Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

INFO ESCOLA. Experimento de Torricelli Para Determinação Da Pressão Atmosférica. Disponível em : <https://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>. Acesso em 20 set. 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos da metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. Vol. 1. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2010. **Mundo Estranho**. Disponível em <https://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-formam-os-ventos/>.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativa – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, V1, n.2, 2011.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?**. Currículum, La Laguna, Espanha, 2012

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 1999. 195p.

NETO, F. P. **Seminário como ferramenta para aprendizagem significativa de conceitos de energia utilizando o enfoque CTS e CTSA**. São Paulo: Rev. Prod. Disc. Educ.Matem. 2014.

PIETROCOLA, M., POGIBIN, A, ANDRADE,R., RAQUEL, T. **Física em contextos, 2º ano**. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016

PORTAL ESCOLA: CIÊNCIA E CULTURA. Escalas Termométricas. Disponível em: <http://portalcienciaecultura.blogspot.com.br/2010/09/medida-da-temperatura.html>. Acesso em 20 set. 2017.

REIF, F., **Fundamentals of Statistical and Thermal Physics**. McGraw-Hill, (1985).

RESUMO ESCOLAR. Relação Entre a Temperatura e as Mudanças de Fase. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/quimica/mudancas-de-estado-fisico-da-materia/>. Acesso em 25 set. 2017.

Rocha, José Fernando (org.) **Origens e Evolução das Idéias da Física**. EDUFBA, Salvo – BA, (2002).

Salinas, S. R., **Introdução à Física Estatística**, EDUSP, São Paulo, (1997).

Sears, F. W. e Salinger, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. 3ª Edição, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1979.

TIPLER, P. A. Física. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S. A., 1978. v. 1.

UNIVERSO CIENTÍFICO. Condução Térmica. Disponível em: <https://universocientifico.com.br/1a-aula-termologia-definicao-de-calor-e-temperatura/>. Acesso em 20 set. 2017.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em**

materiais reciclados e de baixo custo. 2. Edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002 (pág. 82).

Wreszinski, W. F., **Termodinâmica.** Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, (2003).

ANEXOS

Anexo I-

Termo de consentimento assinado pelos participantes. No caso dos estudantes menores de idade foi assinado pelos responsáveis.



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Autorizada pelo Decreto Estadual nº 7344 de 27.05.98
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP / UESB

Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro – Salinas / MG
MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Mestrando: Gilmar Pereira de Sousa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado aluno(a), você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa, “O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio” que tem como objetivo produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que possa ser utilizada como apoio didático no ensino de Termodinâmica. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que a Física como ciência que estuda os fenômenos naturais, deve contribuir com a mudança da percepção do aluno, para que ele seja capaz de entender que este conhecimento é fundamental, e como forma de estabelecer relações com situações do seu cotidiano, deste modo elaboração desta pesquisa foi motivada pelas dificuldades apresentadas na aprendizagem de Termodinâmica, e pela necessidade de encontrar caminhos que permitam construir uma aprendizagem significativa. Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): aplicação de uma sequência didática, que será desenvolvida em oito passos, com encontros semanais realizados no próprio ambiente escolar nas aulas de Física. Durante a discussão do conteúdo serão utilizados recursos diversos, tais como aulas expositivas, vídeos, exercícios, simulações, experimentos e visitas às indústrias. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar este termo, caso seja menor de 18 anos. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os benefícios deste estudo são que essas sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para aprendizagem significativa, não mecânica, podem ser usadas na pesquisa aplicada em ensino, voltada diretamente para sala de aula.



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Autorizada pelo Decreto Estadual nº 7344 de 27.05.98
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP / UESB

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, _____ (nome completo do(a) estudante), RG _____ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Salinas, _____ de _____ de 20 ____

Participante da Pesquisa ou Responsável

Assinatura do pesquisador

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Gilmar Pereira de Sousa
ENDEREÇO: Rua Cônego Benício, 185, Centro
FONE: (38) 99151-2215 / E-MAIL: sousa.gilmar@yahoo.com.br

CEP/UESB- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
RUA JOSÉ MOREIRA SOBRINHO, S/N - UESB
JEQUIÉ (BA) - CEP: 45206-190
FONE: (73) 3528-9727 / E-MAIL: cepuesb.jq@gmail.com

Anexo II-

Termo de autorização de uso de imagem e depoimentos.



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Autorizada pelo Decreto Estadual nº 7344 de 27.05.98
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP / UESB

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu _____ (nome completo do estudante), RG _____ depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores ***Gilmar Pereira de Sousa, Luizdarcy de Matos Castro e Jorge Anderson Paiva Ramos*** do projeto de pesquisa intitulado **“O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio”** a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto Nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

Salinas- MG, _____ de _____ de 20 ____

Participante da Pesquisa ou Responsável

Pesquisador

Av. José Moreira Sobrinho, S/N – Jequeiezinho – Jequié-BA - Telefone: (73)3528-9600 / (73) 3528-9727

Anexo III

Autorização da instituição para a coleta de dados.

**AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL PARA A COLETA DE DADOS
E DECLARAÇÃO DE INFRAESTRUTURA**

Eu, **GLEIDE APARECIDA CARDOSO OLIVEIRA**, ocupante do cargo de **Diretor** da **Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro**, AUTORIZO a coleta de dados do projeto de pesquisa intitulado “**O PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DE CANA COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO**” do pesquisador responsável **Gilmar Pereira de Sousa** e do pesquisador assistente **Prof. Dr. Luizdarcy Matos Castro**; e DECLARO que esta instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da referida pesquisa, bem como que comprometo-me em verificar o seu desenvolvimento para que se possa cumprir integralmente os itens da Resolução 466/12, que dispõe sobre Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos.

Salinas, 25 de setembro de 2018.

Gleide Aparecida Cardoso Oliveira
Diretor da escola
Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro

APÊNDICES

Apêndice I-

Questionário sócio – econômico – cultural aplicado aos estudantes que participaram da pesquisa.

QUESTIONÁRIO SÓCIO – ECONÔMICO – CULTURAL

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

1. QUAL É O SEU NOME COMPLETO?

2. QUAL É O SEU SEXO?

- Masculino
 Feminino

3. COMO VOCÊ CLASSIFICARIA SUA COR, SEGUNDO AS CATEGORIAS USADAS PELO IBGE?

- Branca Parda
 Indígena Preta
 Oriental

4. QUAL É SUA DATA DE NASCIMENTO? (Indique o dia, o mês e o ano)

5. ONDE MORA?

- Zona Urbana Zona Rural - Localidade: _____

6. COM QUEM VOCÊ MORA?

- Pais Irmãos (Quantos? _____)
 Parentes Outros (Quem? _____)

7. QUAL O TIPO DE MORADIA DE SUA FAMÍLIA:

- Sítio ou fazenda Casa
 Apartamento Outro: _____

8. QUAL A CONDIÇÃO DO IMÓVEL ONDE SUA FAMÍLIA RESIDE?

- Própria Alugada Outra

9. EM RELAÇÃO AO ORÇAMENTO FAMILIAR, QUAL A SUA SITUAÇÃO ATUAL?

- Depende inteiramente da ajuda dos pais
 Depende financeiramente de outros parentes
 É independente financeiramente.
 É independente financeiramente e responsável **por parte** das despesas domésticas.
 É independente financeiramente e responsável **por todas** as despesas domésticas.

10. RENDA TOTAL MENSAL DA SUA FAMÍLIA:

- Até um salário mínimo
 Mais de 1 até 3 salários mínimos
 Mais de 3 até 5 salários mínimos
 Mais de 5 salários mínimos

11. MARQUE OS ITENS QUE HÁ NA SUA CASA?

- Televisão – Quantidade: _____ TV por assinatura
 Carro – Quantidade: _____ Geladeira
 Computador - Quantidade: _____ Acesso à internet
 Máquina de lavar roupas Micro-ondas
 Banheiros - Quantidade: _____

12. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DA SUA MÃE OU MADASTRA?

- Nunca estudou Ensino Fundamental incompleto
 Ensino Fundamental completo Ensino Médio incompleto
 Ensino Médio completo Ensino Superior
 Pós-graduação completa ou incompleta Não sei.

13. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DO SEU PAI OU PADASTRO?

- Nunca estudou Ensino Fundamental incompleto
 Ensino Fundamental completo Ensino Médio incompleto
 Ensino Médio completo Ensino Superior
 Pós-graduação completa ou incompleta Não sei.

14 - QUE MEIO DE TRANSPORTE UTILIZA PARA CHEGAR AO COLÉGIO?

- a pé carona bicicleta
 transporte coletivo(ônibus) transporte próprio(carro) moto
 outros

15. COM QUE FREQUÊNCIA VOCÊ FAZ AS SEGUINTE COISAS:

	Nunca	Algumas vezes	Frequentemente
Chega no horário na escola			
Falta às aulas			
Faz as tarefas escolares passadas para casa			
Assiste filmes relacionados aos conteúdos vistos em aula			
Lê de novo em casa o conteúdo das aulas			
Discute ou tira dúvidas com outros colegas			
Consulta dicionários, atlas ou enciclopédias			
Refaz questões que erra em exercícios e avaliações			
Pesquisa na internet conteúdos vistos durante as aulas			

Estuda nos finais de semana			
Prefere realizar os trabalhos individualmente			

16. QUANTAS HORAS POR DIA VOCÊ GASTA?

	Nenhuma	Até 1 hora	De 1 a 2 horas	De 3 a 4 horas	Mais de 4 horas
Assistindo TV					
Fazendo trabalhos domésticos em casa					
Estudando ou fazendo dever de casa					
Conversando com amigos					
Navegando na internet					

17. COMO É O SEU RELACIONAMENTO NESTA ESCOLA COM:

	Muito ruim	Ruim	Razoável	Bom	Muito bom
Seus colegas					
Seus professores					
A direção					
A coordenação pedagógica					
Os funcionários					

18. COMO VOCÊ SE SENTE NA ESCOLA:

	Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo totalmente
Eu me sinto como um estranho				
Eu faço amigos facilmente				
Eu me sinto à vontade				
Eu me sinto incomodado				

Os outros alunos parecem gostar de mim				
Eu me sinto solitário				
Vou porque sou obrigado				
Eu me sinto entediado				
Aprendo a me organizar nos estudos				
Aprendo a raciocinar				
Aprendo a escrever textos				

19. ASSINALE DE ACORDO COM AS ÁREAS DE CONHECIMENTO:

	Ciências Exatas e Matemática	Ciências Humanas	Linguagens
Área que tenho mais dificuldade			
Área que tenho mais facilidade			
Área que mais gosto			
Área que menos gosto			
Área que acho mais importantes			
Área que acho menos importantes			

20. QUAL A IMPORTÂNCIA DA ESCOLA PARA O SEU FUTURO?

- Não possui importância Pouca importância
 Importante Decisiva
 Não sei

21. O QUE VOCÊ PRETENDE FAZER AO TÉRMINO DO ENSINO MÉDIO?

- Vestibular/Enem Trabalhar
 Curso Técnico Profissionalizante Outros. _____

22. DURANTE AS AULAS DE FÍSICA A PROFESSOR:

	Nunca	Algumas vezes	Frequentemente
--	--------------	----------------------	-----------------------

Incentiva os alunos a melhorar			
Está disponível para esclarecer as dúvidas dos alunos			
Dá oportunidade aos alunos para exporem opiniões nas aulas.			
Relaciona-se bem com os alunos			
Continua a explicar até que todos entendam a matéria			
Mostra interesse pelo aprendizado de todos os alunos			
Organiza bem a apresentação das matérias			
Realiza uma avaliação justa			
Varia a maneira de apresentar/ expor a matéria			
Utiliza diferentes estratégias para auxiliar alunos com dificuldades			
Procura saber sobre os interesses dos alunos			
Demonstra domínio da matéria que ensinam			
Cobra as tarefas passadas para casa			
Dá aula com alegria e entusiasmo			
Estabelece relação entre a teoria e a prática			
É acessível aos alunos			

23. O QUE VOCÊ ACHA DAS AULAS DE FÍSICA?

24. QUAL A SUA SUGESTÃO PARA TORNAR AS AULAS MAIS INTERESSANTES?

25. QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE O USO DE:

A) SIMULADORES DE EXPERIMENTOS;

B) EXPERIMENTOS REAIS;

26. EM RELAÇÃO A MELHORIA DO ENSINO ESSE TIPO DE QUESTIONÁRIO É:

- muito importante
- importante
- talvez tenha alguma importância
- pouco importante
- perda de tempo

**Agradecemos a sua participação!!! Novembro de
2018**

Apêndice II

Questionário de conhecimentos prévios aplicado aos estudantes que participaram da pesquisa.

QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a):

01- O QUE É CALOR?

02- O QUE É TEMPERATURA?

03- OS CORPOS PODEM TROCAR CALOR?

04- SE A QUESTÃO ANTERIOR FOR AFIRMATIVA, DE QUE FORMA ISSO PODE ACONTECER?

05- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

06- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

07- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

08- O QUE É UM ALAMBIQUE?

09- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS AS FORMAS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- VOCÊ SABE O QUE É BRIQUETE?

Agradecemos a sua participação!!!

Dezembro de 2018

Apêndice III

Questionário avaliativo, aplicado aos estudantes que participaram da pesquisa.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a):

1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

3- QUAIS SÃO OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS CORPOS?

4- PODE EXISTIR CALOR NO INTERIOR DA GELADEIRA? JUSTIFIQUE.

5- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

6- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

7- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

8- O QUE É UM ALAMBIQUE?

9- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS OS TIPOS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- COMO PODEMOS DEFINIR O BRIQUETE?

Agradecemos a sua participação!!! Dezembro de 2018

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDESTE DA BAHIA



PRODUTO EDUCACIONAL

**ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DO
PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE AÇÚCAR**

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Vitória da Conquista –Bahia

2020

PRODUTO EDUCACIONAL

ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS PARA O ENSINO MÉDIO A PARTIR DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO DE AGUARDENTE DA CANA DE AÇÚCAR

GILMAR PEREIRA DE SOUSA

Produto Educacional desenvolvido na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF Polo UESB para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

Vitória da Conquista – Bahia

2020

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. SUBSÍDIO TEÓRICO	4
2.1. Os Princípios da Termodinâmica	4
2.2 Temperatura	4
2.3 Calor	6
2.4 Denifção de Pressão	11
2.4.1 Pressão atmosférica	12
2.5 Termodinâmica	13
2.6 Transições de fase	15
2.7 A terminologia e o processo de destilação	17
2.7.1 Destilação	17
2.7.2 Caldeiras a vapor	18
3. DESCRIÇÃO DA UEPS	19
3.1 O que é uma Ueps?	19
3.2 Organização da UEPS	19
REFERÊNCIAS	34

1. APRESENTAÇÃO

Neste trabalho desenvolvemos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS com objetivo de ensinar para os alunos do Ensino Médio os conceitos termodinâmicos de calor (processos de transferência de calor e mudança de fase), temperatura (escalas termométricas) e pressão a partir dos processos de destilação de aguardente de cana.

A UEPS foi desenvolvida para ser aplicada aos alunos do 2º ano do Ensino Médio. Foram utilizadas estratégias pedagógicas diversificadas como vídeos, textos, atividades experimentais e visitas técnicas (visitas a setores de produção que tenham o calor como fonte de energia e que durante as etapas de produção ocorra transferência de calor e mudanças de fase) . Este trabalho foi estruturado para ser aplicado em 6 momentos totalizando 11 aulas e seguiu todos os oito passos propostos por Moreira (2011, p. 3-5).

Todo o material produzido para compor a UEPS *“O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio”* pode ser utilizado por professores que lecionam Física no Ensino Médio em suas práticas pedagógicas. Ressalto que este trabalho apresenta uma proposta de ensino, e como tal, pode ser adaptada para ser aplicada em qualquer contexto de ensino.

Esse trabalho apresenta um produto educacional que oportuniza ao professor do Ensino Médio aprimorar sua prática pedagógica, como também, oferece uma oportunidade de reflexão a respeito da forma como a Física vem sendo ensinada, de forma mecânica e sem contextualização. Entendemos que o aluno aprende quando vê significado naquilo que está sendo ensinado e, por isso, a UEPS apresentada aqui tem como principal objetivo promover a construção do conhecimento físico a partir de situações vivenciadas por eles

2. SUBSÍDIO TEÓRICO

2.1. Os Princípios Da Termodinâmica

O presente capítulo aborda os principais conceitos Físicos associados à Termodinâmica. Para elaboração deste, consultamos as seguintes fontes: Física para Cientistas e Engenheiros – Paul A. Tipler e Gene Mosca; Leituras de Física: Física Térmica – GREF; Notas de aulas do Professor Dr. Luizdarcy Matos Castro – UESB (principais referências: Introdução à Física Estatística – Silvio R. A. Salinas; Origens e Evolução das Idéias da Física - José Fernando Rocha (org); Aspectos Contemporâneos da Física – José Maria Filiardo Bassalo; Termodinâmica – Walter F. Wreszinski; Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio – Carlos Fiolhais; Manuel Fiolhais; Fundamentals of Statistical and Thermal Physics – Frederick Reif; Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística – Francis Weston Sears e Gerhard L. Salinger).

2.2 Temperatura

O conceito de temperatura está relacionado com a sensação do que vem a ser um corpo quente ou frio. Utilizamos o tato para identificar se um objeto está quente ou frio. As propriedades físicas de um material sofrem alteração quando é aquecido ou resfriado. A maioria dos sólidos e dos líquidos se expande ao serem aquecidos, e um gás também sofre expansão ao ser aquecido com pressão constante, durante o processo de fermentação ocorre elavação da temperatura da substância (caldo de cana) promovendo o aumento do volume e diminuição da densidade . Essas propriedades físicas, que se alteram com a temperatura, são chamadas propriedades termométricas. Por sua vez, uma alteração em uma propriedade termométrica indica que a temperatura do corpo sofreu alteração. Uma propriedade termométrica pode ser utilizada para estabelecer uma escala de temperatura.

Se duas barras metálicas (uma quente e outra fria) forem colocadas em contato, espera-se que a barra quente se esfrie, e que a barra fria seja aquecida. Depois de certo tempo, não será mais observado aquecimento ou resfriamento, o que significa que as barras estarão em equilíbrio térmico. Esta situação hipotética se refere à Lei Zero da Termodinâmica, que afirma que dois corpos terão a mesma temperatura se estiverem em equilíbrio térmico entre si. Podemos definir temperatura como sendo a medida da energia cinética média das moléculas de um corpo.

O piso das calçadas, as vigas de concreto de construções como pontes e edifícios como tudo mais se dilatam. Sendo estruturas grandes e expostas ao Sol, devem ter vãos para acomodar dilatações prevendo este efeito do aquecimento e evitando que provoque rachaduras. As paredes das fornalhas dos alambiques (figura 1) são refratárias afim de evitar possíveis rachaduras causadas pelo efeito da dilatação térmica. Todos os objetos sólidos, líquidos ou gasosos, quando aquecidos se dilatam, ou seja, aumentam de volume. Esta propriedade dos materiais pode ser utilizada para medir temperaturas.

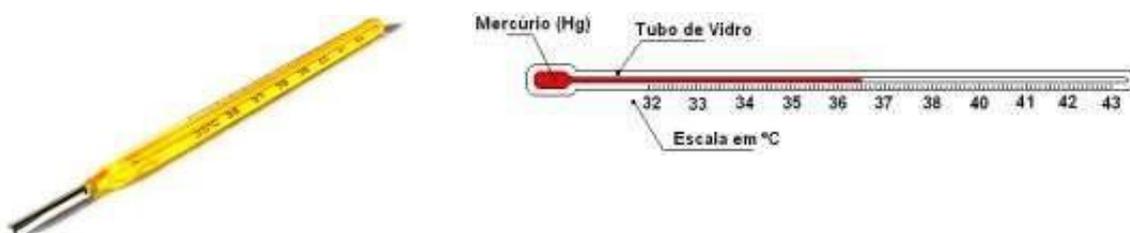
Figura 1 - Fornalhas com paredes refratárias para evitar os efeitos da dilatação térmica



Fonte: <http://www.cachacasuprema.com.br/fotos.htm>. Acesso 25/09/2018 às 19:32

Os termômetros que utilizamos para verificar febre (Figura 2) são constituídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno bulbo lacrado cheio de mercúrio ou de álcool. Quando esfriado, o líquido se contrai e seu nível desce no capilar; quando é aquecido, ocorre o contrário. Tanto o mercúrio como o álcool são líquidos que, mais do que a água, mesmo para um pequeno aquecimento, se dilata visivelmente mais do que o vidro. Por isso são escolhidos para a construção de termômetros.

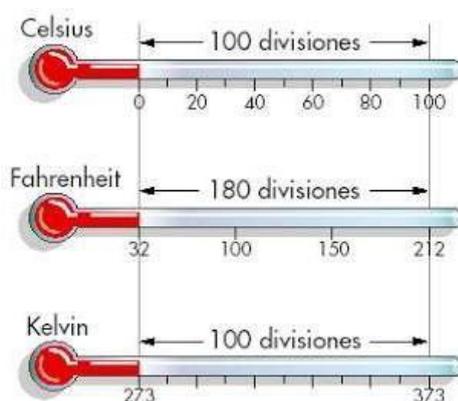
Figura 2 – Termômetros de Mercurio



Fonte: <http://horizonte.forumeiros.com/t230-tipos-de-termometros-fisica-8-serie-9-ano>. Acesso em 25/09/2018 às 19:55

Para construir um termômetro é necessário utilizar uma escala termométrica que estabelecida a partir de padrões. No caso da escala Celsius que é amplamente utilizada no Brasil, são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água. Nessa escala o zero é atribuído para a temperatura do gelo fundente o cem para a temperatura da água em ebulição. As escalas Kelvin e Fahrenheit, que também são utilizadas para medir a temperatura, estabelecem como pontos de fusão do gelo e ebulição da água outros valores, mas que servem para medir a mesma temperatura (figura 3).

Figura 3 – Escalas termométricas



Fonte: <http://portalcienciaecultura.blogspot.com.br/2010/09/medida-da-temperatura.html>.
Acesso em 25/09/2018 às 20:03

2.3 Calor

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre o calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível, que “preencheria os poros” dos corpos e escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor poderia ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação de calor. A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. A principal dificuldade estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada.

Daí considerar que calor e trabalho “são formas de energia” trocadas com o sistema. O Calor Q é energia em trânsito de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre

eles. O Trabalho W é a energia que é transferida de um sistema para outro de tal modo que a diferença de temperaturas não esteja envolvida. Essa definição é limitada e pode ser melhorada com a definição de trabalho de configuração e trabalho dissipativo.

A troca de energia com a vizinhança, seja na forma de Q ou W , muda o estado de equilíbrio do sistema. As grandezas Q e W não são características do estado de equilíbrio do sistema, mas sim dos processos termodinâmicos pelos quais o sistema passa quando vai de um estado de equilíbrio para outro. Desse modo, se um sistema vai de um estado de equilíbrio inicial para outro estado de equilíbrio final, por dois caminhos diversos, para cada caminho, ele terá um valor de Q e W específico.

Quando certa quantidade de calor é transmitida para um corpo, na maioria dos casos, a sua temperatura cresce. A quantidade de calor necessária para aumentar, em certo valor, a temperatura de uma substância depende da quantidade dessa substância, e varia de acordo com a substância. Se forem necessários 3 minutos para ferver 1 litro de água numa certa chama, serão necessários 6 minutos para ferver 2 litros de água na mesma chama. Se, no entanto, formos aquecer 1 litro de azeite na mesma chama, será necessário um tempo maior que 3 minutos.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q necessária para aquecer determinado material de ΔT é chamada capacidade térmica C , e é definida como:

$$Q = C \Delta T$$

Desse modo, poderemos calcular a capacidade térmica de 1 litro de água, de 2 litros de água, de 1 litro de azeite etc. A capacidade térmica é uma característica de uma amostra de determinada substância. Outra amostra diferente dessa mesma substância terá uma capacidade térmica diferente. Fica claro que são limitadas as vantagens dessa propriedade física, a capacidade térmica. Mas, a partir dela, definiu-se outra propriedade chamada Calor Específico c , que é uma característica de cada substância.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q , necessária para aquecer de ΔT uma massa m de determinado material, é chamada calor específico c , e é definida como:

$$Q = mc\Delta T$$

Como foi mencionado, calor é uma forma de energia e, portanto, a unidade de calor é a mesma de energia. Mas, por razões históricas, ainda se usa como unidade de calor a caloria ou cal, que se define como a quantidade de calor necessária para aquecer 1g de água de 14,50°C até 15,50°C. Desse modo, a unidade do calor específico será cal/g·°C.

Conforme mencionado, uma substância altera a sua temperatura quando ela troca calor com a sua vizinhança. No entanto, existem algumas situações nas quais não acontece desse modo: um corpo pode absorver certa quantidade de calor e manter-se com a sua temperatura constante. Quando isso acontece, diz-se que o corpo passou por uma mudança de fase. Existe um exemplo corriqueiro: uma pedra de gelo numa temperatura de 0°C é retirada do congelador e colocada dentro de um copo na temperatura ambiente de 30°C. Esse material irá absorver calor da sua vizinhança e, vagarosamente, transformar-se-á em água a uma temperatura de 0°C.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q , necessária para uma mudança de fase de uma massa m de determinada substância, é chamada calor latente, e é definida como:

$$Q = m L$$

Quando estamos considerando a mudança do estado sólido para o estado líquido, chamamos de calor latente de fusão L_F , e quando estamos considerando a mudança do estado líquido para o estado gasoso, chamamos de calor latente de vaporização L_V . A unidade do calor latente é cal/g.

A luz e o calor do Sol quando chegam até nós, já percorreu 149 milhões de quilômetros atravessando o espaço vazio, o vácuo, pois a camada atmosférica que envolve a Terra só alcança cerca de 600 km. Esse processo de propagação do calor que não necessita de um meio material é a irradiação.

De toda a energia irradiada pelo sol que chega até a Terra, 30% é refletida nas altas camadas da atmosfera e volta para o espaço. Cerca de 46% dessa energia aquece e evapora a água dos oceanos e rios; 16,31% aquece o solo; 7% aquece o ar e 0,07% é usada pelas plantas terrestres e marinhas na fotossíntese.

O ar em contato com solo aquecido atinge temperaturas mais altas do que o das camadas mais distantes da superfície. Ao se aquecer ele se dilata ocupando um volume maior e tornando-se menos denso, sobe. Em contato com o ar mais frio, perde calor, se contrai e desce.

O deslocamento do ar quente em ascensão e de descida do ar frio, as chamadas correntes de convecção, constituem um outro processo de propagação do calor, a convecção. Esse processo ocorre no aquecimento de líquidos e gases.

Nos sólidos o calor é conduzido através do material. É devido à condução de calor

através do material que o cabo de uma colher esquenta quando mexemos um alimento do fogo. Um objeto pode ser aquecido por mais de um processo ao mesmo tempo.

Quando a temperatura de um corpo é aumentada, a energia que ele possui em seu interior, denominada energia interna, também aumenta. Se este corpo é colocado em contato com outro, de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo, energia esta que é denominada calor. Assim, o calor pode ser definido da seguinte forma:

Calor é a energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles. A transferência de calor entre os corpos pode acontecer através dos processos de Condução, Convecção e Radiação.

Para exemplificar o processo de Condução, vejamos a barra de metal sendo aquecida na figura 4. Ao entrar em contato com a chama, os átomos da barra de metal aumentam a sua agitação, aumentando também a temperatura e a energia interna. Essa energia é transferida para os outros átomos próximos de forma sucessiva até chegar na outra extremidade da barra. Esse processo de transmissão de calor é denominado Condução e constitui a maneira mais comum de transferir calor através de corpos sólidos.

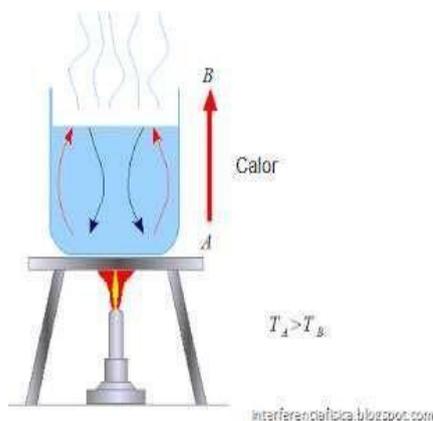
Figura 4 – Condução térmica



Fonte: <https://universocientifico.com.br/1a-aula-termologia-definicao-de-calor-e-temperatura/>. Acesso em 26/09/2018 às 07:03

A figura 5 mostra um recipiente com água sendo aquecido. A camada de água no fundo do recipiente recebe calor da chama, por condução. Consequentemente, o volume aumenta e sua densidade diminui, fazendo com que ela se desloque para cima. Esse movimento faz com que a água mais fria e densa que está na parte superior desça. Esse processo, que continua com a circulação contínua da água mais quente para cima e a mais fria para baixo, é denominado correntes de Convecção.

Figura 5 – Correntes de convecção



Fonte: <http://profwilker.blogspot.com.br/2011/09/conveccao-termica-e-o-funcionamento-da.html>. Acesso em 26/09/2018 às 07:10

Esse processo de transmissão de calor está presente no funcionamento de equipamentos como a geladeira. Na parte superior, as camadas de ar em contato com o congelador, cedem calor a ele por condução. Dessa forma, o ar dessa região torna-se mais denso e dirige-se para a parte inferior da geladeira, enquanto as camadas de ar da parte de baixo deslocam para cima. Esse processo causado pela convecção faz com que a temperatura dentro da geladeira se mantenha a mesma em todos os pontos no interior da geladeira.

As correntes de convecção podem ser observadas em situações da nossa vida. Por exemplo, a formação dos ventos é devida a variação da densidade do ar, que resultam das correntes de convecção que ocorrem na atmosfera.

Imagine que num dia frio, você resolva aquecer suas mãos e se aproxima de uma fogueira conforme mostra a (figura 6). Nesse processo, a transmissão do calor da fogueira até as suas mãos não pode ser explicada pelos processos de condução e convecção, pois estes processos só ocorrem quando há um meio material através do qual o calor é transmitido. Neste caso, a transmissão de calor da fogueira até as mãos ocorre através do processo denominado Radiação Térmica. O calor do Sol chega até nós através desse processo.

Figura 6 – Transmissão de calor por radiação



Fonte: <http://aexata.com.br/transferencia-de-calor/radiacao-termica/>. Acesso em 26/09/2018 às 07:45

Na radiação térmica somente a energia é transmitida. As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para serem transportadas. Quando um carro fica exposto ao Sol o seu interior aquece muito principalmente porque os vidros deixam entrar a luz que é absorvida pelos objetos internos e por isso sofrem uma elevação de temperatura. Costumamos dizer que o carro se transformou numa estufa.

A luz do Sol, interpretada como uma onda eletromagnética atravessa o vidro do carro e incide nos objetos internos. Eles absorvem essa radiação e emitem radiação infravermelha (calor) que fica retida no interior do carro, impedida de sair por que o vidro é opaco a ela, tendo um efeito cumulativo.

A Terra recebe diariamente a energia solar que é absorvida pelo planeta e emitida na forma de radiação infravermelha para o espaço. Uma parcela desse calor volta para nós, retido pela atmosfera. O vapor d'água e o gás carbônico e o CFC (cloro, flúor, carbono) presentes na atmosfera, deixam passar luz solar, mas absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra devolvendo-a para a superfície o que constitui o Efeito Estufa. O oxigênio e o nitrogênio transparentes tanto a luz solar como ao infravermelho, não colaboram para o efeito estufa.

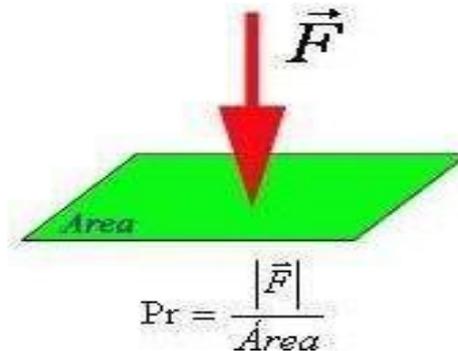
É devido ao efeito estufa que o nosso planeta se mantém aquecido durante a noite. Sem esse aquecimento, a Terra seria um planeta gelado, com poucas chances de propiciar o surgimento da vida.

2.4 Denificação De Pressão

Sendo a força peso exercida por um objeto sobre uma superfície plana (figura 7),

definimos a pressão como a razão entre a força exercida pela força peso pela área na qual essa força é distribuída. Dessa forma, temos definiremos P pela relação matemática:

Figura 7 -Ilustração de uma definição matemática de pressão.



Fonte:<https://www.estudopratico.com.br/hidrostatica/>. Acesso em 26/09/2018 às 08:15

No sistema internacional de Unidades (SI), a pressão P é dada pela razão da unidade da força F que é o N (Newton) pela unidade de área que é o m². Assim, a unidade de pressão será N/m², que é denominada pascal e representada por Pa. Para medir a pressão exercida por gases, por exemplo, é comum utilizar uma unidade denominada atm, que significa atmosfera. O valor de 1atm é igual à pressão exercida sobre sua base por uma coluna de Hg (mercúrio), de 76 cm de altura.

O valor da pressão depende da força exercida e da área na qual a força está atuando. Assim sendo, se a área de atuação da força for fixa, a pressão irá depender apenas da força exercida. Ou, se a força for fixa, podemos obter pressões diferentes mudando a área de atuação da força. Por esse motivo o prego é pontiagudo, pois sendo a área de contato pequena, uma força pequena pode estabelecer uma grande pressão, tornando mais fácil introduzir um prego na madeira, por exemplo.

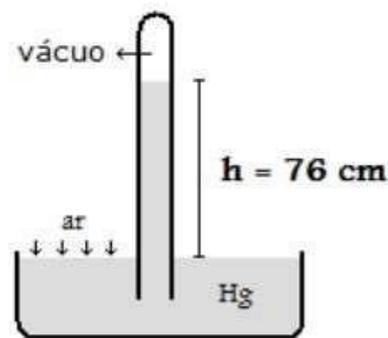
2.4.1 Pressão atmosférica

O ar, como qualquer substância próxima à Terra, é atraído por ela, isto é, o ar tem peso. Por isso, a camada atmosférica que envolve a Terra, atingindo uma altura de dezenas de quilômetros, exerce uma pressão sobre os corpos nela mergulhados. Essa pressão é denominada Pressão Atmosférica.

Em 1643, o matemático e físico italiano Evangelista Torricelli conseguiu determinar a medida da pressão atmosférica ao nível do mar. Primeiramente ele encheu um

tubo de aproximadamente um metro de comprimento com Hg (Mercúrio), e logo em seguida mergulhou o tubo em um recipiente também com mercúrio como mostra a figura 2 abaixo, logo após ele notou que o mercúrio descia um pouco, se estabilizando aproximadamente a 76 cm acima da superfície.

Figura 8 – Experimento de Torricelli para determinação da pressão atmosférica.



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>. Acesso em 26/09/2018 às 08:40

Torricelli interpretou essa experiência dizendo que o que mantinha a coluna de mercúrio nesta altura era a pressão atmosférica. A coluna de 76 cm só é obtida no nível do mar, pois quando a altitude varia a pressão atmosférica também varia como citado anteriormente.

A partir dessa experiência ficou estabelecido que ao nível do mar 1atm (uma atmosfera) é a pressão equivalente a exercida por uma coluna de 76cm de mercúrio, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, portanto:

$$1\text{atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1,01.105 \text{ Pa}$$

2.5 Termodinâmica

A Termodinâmica Clássica ou Termodinâmica do Equilíbrio é uma das áreas da Física mais bem consolidadas. É sintetizada por uma estrutura de conhecimento bem definida e auto coerente. A essência da estrutura teórica da Termodinâmica Clássica está num conjunto de leis naturais que governam o comportamento de sistemas físicos macroscópicos. Essas leis foram formuladas a partir de generalizações de observações e são, em grande parte, independentes de quaisquer hipóteses relativas à natureza microscópica da matéria. Em geral, as aproximações estabelecidas para a Termodinâmica Clássica seguem uma das duas alternativas: a *aproximação histórica* que faz uma descrição “cronológica” da evolução das ideias, conceitos e fatos e, a *aproximação postulatória*, na qual são formulados postulados não demonstrados “a priori”, mas que podem ter suas veracidades confirmadas “a posteriori”.

A aproximação histórica, como já dissemos, tem uma base fundamentalmente empírica e foi desenvolvida ao longo de um período que durou mais ou menos 250 anos, que vai desde o início do século XVII até os meados do século XIX. Essa foi a abordagem dada até agora no nosso curso, os adeptos da aproximação histórica defendem que, se esperamos que nossos estudantes compreendam bem os fundamentos da Termodinâmica e, a partir deles, possam formular novos conceitos e teorias, devemos expor a eles o desenvolvimento histórico das teorias existentes.

As primeiras ideias de se estabelecer uma aproximação postulacional ou axiomática para a Termodinâmica foram apresentadas no início do século XX por alguns matemáticos seguidores da escola formalista. Entre eles, podemos mencionar o matemático francês **Jules Henri Poincaré** (1854 – 1912), que levantou questões acerca das definições de temperatura e calor e dos enunciados das duas leis Termodinâmica, e, principalmente, o matemático alemão **Constantin Carathéodory** (1873 – 1950), que, em 1909, publicou um trabalho pioneiro, no qual propôs uma estrutura formal lógica alternativa para a Termodinâmica.

A Termodinâmica é o ramo da Física que estuda os sistemas macroscópicos (sistemas com número suficientemente grande de constituintes). Está baseada num conjunto de princípios ou leis, obtidos a partir da observação experimental, de onde se extraem as consequências lógicas. É possível explicar grande parte do comportamento dos referidos sistemas a partir desse pequeno conjunto de princípios. Esta possibilidade constitui um dos principais atrativos da Termodinâmica.

Na Termodinâmica, uma equação de estado é uma relação matemática entre as grandezas termodinâmicas de estado, entre funções de estado de um sistema termodinâmico, uma equação de estado descreve o estado da matéria sob um dado conjunto de condições físicas. As variáveis de estado são grandezas que determinam o estado de um gás. Um gás perfeito ou ideal é um gás cujas moléculas possuem volume desprezível e não interagem entre si de modo que não muda de fase. As variáveis de estado do gás perfeito ou ideal são o volume V , a pressão p e a temperatura T . O gás ideal é um gás que obedece à relação:

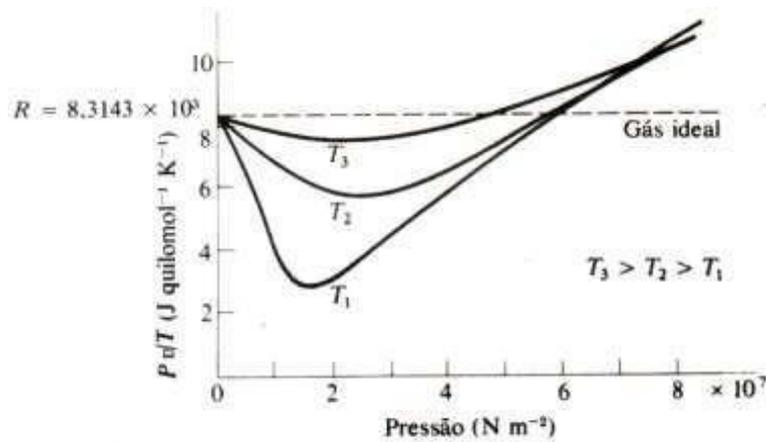
$$\frac{pV}{T} = \text{constante}$$

Os dados coligidos a uma dada temperatura T (gráfico abaixo) nos dizem que a pressões suficientemente baixas, podemos escrever, para todos os gases

$$\frac{p v}{T} = R$$

ou $p v = RT.$

Figura 9 - Relação entre as grandezas P, V e T



Fonte: (SEARS; SALINGER, 1979, p. 22).

A equação de estado para um gás ideal pode ser escrita, usando $v = V/n$, como segue

$$p V = nRT$$

Encontra-se pela experimentação, que somente certo número mínimo de propriedades de uma substância pura pode ter valores arbitrários. Os valores restantes são, então, determinados pela natureza da substância. Segue – se que existe certa relação, por exemplo, para um gás, entre p , V , T e m , que pode ser expressa em geral como

$$f(p, V, T, m) = 0$$

Esta relação é conhecida como a *equação de estado* da substância. Se qualquer uma das três propriedades for fixada, a quarta estará determinada. A equação de estado pode ser simplificada fazendo $v = V / m$, donde

$$f(p, v, T) = 0$$

2.6 Transições de fase

As mudanças de estado de agregação da matéria geralmente recebem as denominações mostradas na figura. A pressão e a temperatura a que uma substância for submetida determinarão a fase na qual ela se apresentará. Quando uma substância passa de uma

fase para outra, dizemos que ela sofreu uma mudança de fase ou uma mudança de estado.

Quando fornecemos calor a um corpo e sua temperatura se eleva, há um aumento na energia de agitação de seus átomos. Este aumento de agitação, faz com que a força de ligação entre os átomos seja alterada, podendo acarretar modificações na organização e separação destes átomos. Em outras palavras, a absorção de calor por um corpo pode provocar nele uma mudança de fase. Naturalmente, a retirada de calor deverá provocar efeitos inversos dos que são observados quando o calor é cedido à substância. Observe a figura 10 abaixo.

Figura 10: Relação entre a temperatura e as mudanças de fase.



Fonte: <https://www.resumoescolar.com.br/quimica/mudancas-de-estado-fisico-da-materia/>. Acesso em 26/09/2018. Às 09:45

Nos processos em que ocorre ganho de calor observa-se o aumento da temperatura. Nos processos em que o calor é cedido, observa-se a diminuição da temperatura. Dessa forma, na fusão (mudança da fase sólida para a líquida) e na vaporização (mudança da fase líquida para a gasosa) a substância recebe calor. Na condensação (mudança da fase gasosa para a líquida) e na solidificação (mudança da fase líquida para a sólida) a substância cede calor. Na sublimação que configura a passagem direta da fase sólida para a gasosa e vice-versa observa-se tanto ganho quanto perda de calor. A vaporização pode ocorrer através da evaporação (passagem lenta da fase líquida para a gasosa a qualquer temperatura) ou por ebulição (passagem rápida da fase líquida para a gasosa a uma temperatura determinada para cada líquido).

Se a mudança de estado ainda não se realizou ou se ainda não se completou, o corpo ao absorver o calor muda de estado sem variar de temperatura. Exemplificando, quando o gelo à 0°C ou uma mistura de gelo e água à 0°C absorvem calor a temperatura não aumenta, sendo realizada a fusão do gelo. Esse calor recebido numa mudança de fases é denominado calor de transição, a razão entre o calor recebido Q e a massa da substância m recebe o nome de calor

latente de transição L .

2.7 A terminologia e o processo de destilação.

2.7.1 Destilação

A destilação é o processo de separação de misturas homogêneas mais empregado em laboratórios de Química. Essa técnica baseia-se na diferença de pontos de ebulição entre as substâncias que compõem a mistura. Existem dois tipos desse processo: **a destilação simples** e **a destilação fracionada**. A aplicação de cada um depende do tipo de mistura que se deseja separar. (Site Mundo Educação. Acesso em 27/09/2018 às 07:15)

O caldo de cana fermentado tem em sua composição substâncias sólidas, líquidas e gasosas, que são separadas pelo processo de destilação, de acordo com seus respectivos graus de volatilidade.

No vinho, a concentração de álcool etílico, principal componente da aguardente, aparece na proporção de 7% a 8% em volume, enquanto a água representa cerca de 89% a 90%. O processo de destilação pode ocorrer de maneira lenta ou rápida. Em ambos os processos a temperatura atingida é a mesma, entretanto o tempo para atingí-la varia.

Recomenda-se separar os 5-10% que saem inicialmente do destilador, pois este destilado é rico em ésteres, acetaldeídos, aldeídos, metanol, acetato de etila. Esta fração inicial é conhecida como cabeça. A fração seguinte que sai do alambique, cerca de 80%, chama-se coração. Esta fração contém uma menor proporção de componentes indesejados, ou seja, é a melhor fração do destilado, que é a aguardente em si. Por último retira-se a cauda, que corresponde a cerca de 10% do volume total que é constituída por produtos mais pesados, com maior afinidade com a água, como por exemplo ácido acético, álcoois superiores, entre outros.

Na destilação rápida o vinho é aquecido rapidamente até 50 °C e então a quantidade de calor fornecido pela caldeira é diminuído até um nível intermediário, fazendo a mistura alcançar 87 °C onde o processo de destilação se inicia. Não há separação entre cabeça e coração, o processo acontece mais rapidamente e é utilizado na produção de aguardente em escala industrial.

A destilação lenta ocorre de maneira similar à rápida, diferenciando-se no instante em que a quantidade de calor fornecido é diminuída. A caldeira é trazida a um nível muito baixo de emissão de calor e o processo é mais demorado, apesar das temperaturas atingidas serem as

mesmas. Há separação entre cabeça, coração e calda e é o processo utilizado na fabricação arezanal de aguardente.

As substâncias sólidas apresentadas correspondem a células de leveduras, bactérias, bagacilho, açúcares não-fermentados, substâncias não fermentescíveis, proteínas, sais minerais, etc.

Essas substâncias, de modo geral prejudiciais na destilação, devem ser eliminadas através de uma fermentação completa, no caso dos açúcares (sólidos solúveis), e através de uma total decantação do vinho.

A destilação separa as substâncias voláteis (água, álcool etílico, aldeídos, álcoois superiores, ácido acético, gás carbônico, etc.) das não voláteis (células de leveduras, bactérias, sólidos em suspensão, sais minerais, etc). O ponto de ebulição de uma mistura binárias de álcool e água varia de acordo com a proporção desses elementos. (Site Portal São Francisco. Acesso em 27/09/2018 às 07:20)

2.7.2 Caldeiras a vapor

Para Baggio (2018, p. 27), caldeiras à vapor são equipamentos destinados a converter um fluido vaporizante do estado líquido para o gasoso sob pressão superior à atmosférica com o fim de ser usado em diversas aplicações, tais como aquecimento e processos industriais.

3. DESCRIÇÃO DA UEPS

3.1 O Que é uma Ueps?

Segundo Moreira (2011, p. 2) as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

– UEPS são seqüências de ensino voltadas para subsidiar a prática docente no sentido da promoção da aprendizagem significativa abrindo caminho para a pesquisa em ensino.

A construção desta UEPS seguiu os oito passos descritos por Moreira (2011, p. 3-

1 – Definir o conteúdo que deve ser trabalhado;

2– Propor situações que viabilize o aluno demonstrar o conhecimento prévio;

3–Propor situações-problema introdutórias que funcionarão como organizador prévio;

4 – Apresentar o conhecimento a ser ensinado;

5– Retomar o trabalho dos conteúdos da UEPS em um nível mais alto de complexidade;

6– Concluir a Unidade com atividades que retome as características mais relevantes do conteúdo em questão;

7– Avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de instrumento de avaliação formativa e somativa;

8– Avaliação da UEPS - verificar se a avaliação do desempenho dos alunos fornece evidências de aprendizagem significativa.

3.2 Organização da UEPS

A UEPS foi elaborada para ser aplicada em seis momentos totalizando 10 aulas. Foram utilizadas estratégias pedagógicas diferenciadas (questionários, mapas conceituais, vídeo, simulação computadorizada, mapas conceituais e experimentos didáticos) a partir de várias fontes (exceto o livro texto adotado pela Unidade Escolar).

1º Momento

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar as concepções prévias dos alunos sobre os processos termodinâmicos e os princípios físicos associados a esses processos.

Atividade: Será utilizado um questionário com onze questões abertas.

QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a): _____

1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

3- QUAIS SÃO OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS CORPOS?

4- PODE EXISTIR CALOR NO INTERIOR DA GELADEIRA? JUSTIFIQUE.

5- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

6- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

7- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

8- O QUE É UM ALAMBIQUE?

9- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS OS TIPOS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- COMO PODEMOS DEFINIR O BRIQUETE?

Agradecemos a sua participação!!! Dezembro de 2018

2º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Introduzir os conceitos de calor, temperatura e pressão a partir de duas situações-problema que irão funcionar com organizadores prévios.

Atividades: Na primeira parte da aula serão apresentados os vídeos abaixo com a realização de um experimento onde o professor explica o processo de destilação alcoólica e um técnico explica o processo de produção de aguardente de cana.

Figura 11 - Professor Natal Luis explica o processo de destilação alcoólica



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Gg4JGllWgjQ> . Acesso em 27/09/2018 às 09:45

Figura 12: Técnico explica o processo de produção de aguardente de cana”.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=4dvkmEbpMM>. Acesso em 27/09/2018 às 09:45

Na segunda parte da aula, serão discutidos os textos “Temperatura e Calor” e “O que é pressão?”. A discussão desses textos busca associar os conceitos físicos de calor,

temperatura e pressão ao processo de destilação de aguardente de cana apresentado nas situações-problema.

Temperatura e calor

Os termos Temperatura e Calor muitas vezes são usados como sinônimos. Embora os dois conceitos estejam associados, eles possuem definições diferentes.

Os termômetros são instrumentos utilizados para medir a temperatura.

Temperatura e calor são conceitos fundamentais da Termologia, que é a área da Física que estuda os fenômenos associados ao calor, como a temperatura, dilatação, propagação de calor, comportamento dos gases, entre outros. Muitas vezes, esses dois conceitos são utilizados como sinônimos, porém, apesar de estarem associados, são aspectos distintos.

- Temperatura

A temperatura é uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação ou a energia cinética das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto mais agitadas essas moléculas estiverem, maior será sua temperatura.

O aparelho utilizado para fazer medidas de temperatura é o termômetro, que pode ser encontrado em três escalas: Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

A menor temperatura a que os corpos podem chegar é chamada de Zero absoluto, que corresponde a um ponto em que a agitação molecular é zero, ou seja, as moléculas ficam completamente em repouso. Essa temperatura foi definida no século XIX pelo cientista inglês William Thompson, mais conhecido como Lord Kelvin. O zero absoluto tem os seguintes valores: 0K – escala Kelvin e -273,15 °C – na escala Celsius.

- Calor

O calor, que também pode ser chamado de energia térmica, corresponde à energia em trânsito que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura. Essa transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que atinjam o equilíbrio térmico.

É muito comum ouvirmos algumas expressões cotidianas associando calor a altas temperaturas. Em um dia quente, por exemplo, usa-se a expressão “Hoje está calor!”. Porém, corpos com baixas temperaturas também possuem calor, só que em menor quantidade. Isso quer dizer apenas que a agitação das moléculas é menor em corpos “frios”. A unidade de medida mais utilizada para o calor é a caloria (cal), mas a sua unidade no Sistema Internacional é o

Joule (J). A caloria é definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1g de água em 1°C.

A relação entre a caloria e o Joule é dada por: 1 cal = 4,186 J

Por Mariane Mendes Graduada em Física

Fonte: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 28/09/2018 às 08:01

O que é pressão?

A definição básica de pressão mostra que ela é dada pela razão de uma força aplicada de forma perpendicular sobre uma área. A pressão é dada pela razão entre uma força e a área de aplicação dessa força.

A definição de pressão diz que essa grandeza é dada pela razão de uma força aplicada perpendicularmente sobre uma superfície e a área da superfície. Matematicamente, temos:

$$P = \frac{F}{A}$$

Repare que pressão e área são grandezas inversamente proporcionais.

Alguns exemplos de situações cotidianas podem ajudar na compreensão do conceito de pressão. Para começar, podemos citar o ato de afiar facas. O objetivo de se amolar uma faca é fazer com que a área de contato da lâmina com o objeto a ser cortado seja a menor possível. Assim sendo, não será necessário aplicar uma força sobre o cabo da faca muito grande.

Para caminhar na neve sem afundar ou para evitar a ruptura de camadas de gelo sobre as quais se caminha, pode-se utilizar sapatos de neve como os da imagem abaixo. Assim, o peso de quem caminha ficará distribuído sobre uma área maior que a área dos pés, diminuindo a pressão exercida sobre o solo.

O esfigmomanômetro (equipamento que mede a pressão arterial) deve ser utilizado em uma altura próxima à do coração, pois, assim, garante-se que a pressão medida pelo equipamento corresponde à pressão arterial.

A pressão é uma grandeza vetorial ou escalar?

A pressão é considerada uma grandeza escalar. As operações que envolvem pressão são sempre

algébricas, nunca vetoriais (clique aqui pra conhecer as operações do tipo vetorial). Outro motivo para que a pressão seja entendida como grandeza escalar é que a pressão exercida por um fluido sobre um corpo atua em todas as direções, logo, faz mais sentido entender essa grandeza como escalar, e não como vetorial.

Pressão exercida por um fluido

A chamada Lei de Stevin define que a pressão exercida por um fluido depende da densidade do fluido (ρ), da atração gravitacional local (g) e da altura da coluna de líquido (h). Sem considerar a pressão atmosférica, temos:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Quando o fluido em questão é a água, a Lei de Stevin nos mostra que a pressão exercida por uma coluna de água com 10 m de altura corresponde aproximadamente à pressão atmosférica normal (1atm).

Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é a pressão que a camada de ar faz sobre a superfície terrestre. A pressão atmosférica é considerada normal para pontos a nível do mar. Para pontos cada vez mais altos, a quantidade de ar vai diminuindo e a pressão atmosférica vai se tornando cada vez menor.

A medida da pressão atmosférica foi feita no século XVII pelo físico italiano Evangelista Torricelli. Ele constatou que a pressão exercida pela atmosfera correspondia à pressão de uma coluna de mercúrio (Hg) com 76 cm de altura. Assim sendo, a pressão atmosférica normal é de 76 cmHg ou 760 mmHg.

$$1\text{atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa (N/m}^2\text{)} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

Por Joab Silas Graduado em Física

Fonte: <http://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 10:02

3º Momento

Tempo: 01 aula – 50 minutos

Objetivo: Verificar a condutividade térmica de diferentes materiais e relacionar com a condutividade térmica dos materiais utilizados na fabricação de alambiques e o poder

calorico de diferentes materiais usados como combustível nas fornalhas para aquecer os alambiques.

Atividades: A turma será dividida em grupos de no máximo 5 alunos. Cada grupo deverá montar o experimento “Testando condutividade térmica” e apresentar os resultados para os demais colegas.

Fonte:<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 10:27

Condutividade térmica.

Objetivo

Verificar a condutividade térmica de diferentes combustíveis.

Material

tubo metálico oco

pedaço de papel higiênico

duas bexigas

uma caixa de fósforos

Sugestão de Procedimento

Primeiramente, encha um balão com água e outro com ar. Posteriormente, inicie o experimento indagando aos alunos a respeito do que acontecerá com o balão que está cheio de ar quando exposto ao fogo. É interessante buscar os conceitos prévios dos alunos, de forma a facilitar o aprendizado.

Depois, acenda os fósforos e coloque o balão com ar em contato com o fogo e observe o que acontece. Os alunos verão que ele estoura em um curto intervalo de tempo, quando em contato com o fogo. Pegue o balão que está cheio de água e coloque-o em contato com o fogo dos fósforos. Perceba que ele não estoura. Questione os alunos sobre o que está acontecendo. Por que o balão não estoura?

Em seguida, acenda o fósforo e aproxime-o do pedaço de papel higiênico. Verifique se ele pega fogo. Agora, enrole um pedaço de papel no tubo metálico e repita o procedimento. Os alunos verificarão que o papel não pega fogo.

Professor, instigue os alunos a construírem a resposta para tal fenômeno. Após uma breve tentativa de explicação, você deve dar a resposta de por que o balão não estourou.

Por Domiciano Marques
Graduado em Física

Fonte: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>. Acesso em 27/09/2018 às 11:23

4º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Verificar como os conceitos de calor, temperatura e pressão se relacionam ao processo de destilação de aguardente de cana.

Atividades: A turma fará uma visita técnica a uma unidade de produção de aguardente, denominada Fazenda Engenho dos Rodrigues, onde é produzida a cachaça Seleta, cachaça Boazinha e outras três marcas, os alunos terão a oportunidade de acompanhar cada etapa do processo de produção.

FIGURA 13 – Sala de Fermentação das cachaças Seleta e Boazinha.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 14 - Fase inicial do processo, cana sendo triturada



Fonte: Acervo pessoal.

FIGURA 15 - Fornalha onde se realiza a queima de parte do bagaço produzido a partir da moagem da cana.



Fonte: Acervo pessoal.

FIGURA 16 - Dornas de carvalho com capacidade de 150.000 litros, onde é envelhecida a cachaça Seleta.



Fonte: Acervo pessoal

Obs: A visita a unidade de produção de cachaça é uma sugestão, caso seja possível realiza-la, se não for uma atividade comum na região, essa visita poderá ser realizada em uma cerâmica, uma siderurgica, carvoaria, olaria ou outro setor de produção que tenha o calor como fonte de energia.

5º Momento

Tempo: 02 aulas – 100 minutos

Objetivo: Contextualizar o conteúdo estudado e analisar a importância econômica e cultural do processo de produção artesanal de aguardente de cana (cachaça).

Atividades: A turma fará uma visita ao museu da cachaça, onde terão a oportunidade de conhecer a história e os diferentes processos de produção.

Figura 17 – Sala dos Engenhos



Fonte:<http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 27/09/2018 às 15:41.

Figura 18 – Sala das Garrafas



Fonte:<http://www.cultura.mg.gov.br/ajuda/story/4875-museu-da-cachaca-em-salinas-conta-o-passado-e-o-presente-da-aguardente>. Acesso em 27/09/2018 às 19:31.

6º Momento

Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivo: Realizar a segunda etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais. Os alunos também serão avaliados nas atividades colaborativas.

Atividades: Cada aluno deverá criar um mapa conceitual que contemple os conceitos de calor, temperatura, pressão e algum fenômeno termodinâmico estudado relacionado ao processo de destilação e responder um questionário com onze questões abertas.

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio, do turno matutino, turma A, da Escola Estadual Coronel Idalino Ribeiro, localizado no município de Salinas, MG, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “*O processo de destilação de aguardente de cana como elemento motivador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino médio*” realizada pelo mestrando Gilmar Pereira de Sousa, orientado pelo Professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro e o Professor Doutor Jorge Anderson de Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Aluno (a): _____

1- COMO PODEMOS DEFINIR O CALOR?

2- QUAL O CONCEITO DE TEMPERATURA?

3- QUAIS SÃO OS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR ENTRE OS CORPOS?

4- PODE EXISTIR CALOR NO INTERIOR DA GELADEIRA? JUSTIFIQUE.

5- O QUE VOCE ENTENDE POR ENERGIA TÉRMICA?

6- O AGASALHO AQUECE O NOSSO CORPO? JUSTIFIQUE A SUA RESPOSTA.

7- QUAL A RELAÇÃO QUE EXISTE ENTRE A TEMPERATURA E A PRESSÃO EXERCIDA POR UM GÁS?

8- O QUE É UM ALAMBIQUE?

9- O QUE VOCÊ ENTENDE POR PROCESSO DE DESTILAÇÃO?

10- QUAIS OS TIPOS DE COMBUSTÍVEL, QUE VOCÊ CONHECE?

11- COMO PODEMOS DEFINIR O BRIQUETE?

**Agradecemos a sua participação!!! Dezembro de
2018**

REFERÊNCIAS

ANEXATA: Transmissão de Calor por Radiação. Disponível em: <http://aexata.com.br/transferencia-de-calor/radiacao-termica/>. Acesso em 23 set. 2017.

BAGGIO, Ronaldo William de Oliveira. **Modelagem de uma Caldeira Flamotubular com Forno Aquatubular**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BRASIL ESCOLA. Testando condutividade térmica . Disponível em <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/testando-condutividade-termica.htm>

BRASIL ESCOLA. O que é pressão. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-pressao.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

BRASIL ESCOLA. Temperatura e Calor. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 04 set. 2017.

COLA DA WEB. Efeito da Dilatação Térmica. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/termologia/dilatacao>. Acesso em 05 set. 2017.

COLÉGIO HORIZONTE. Termômetro de Mercúrio. Disponível em: <http://horizonte.forumeiros.com/t230-tipos-de-termometros-fisica-8-serie-9-ano>. Acesso em 20/09/2017.

COLÉGIO WEB. Mudanças de estado físico da água. Disponível em <https://www.colegioweb.com.br/4-ano/os-estados-fisicos-da-agua.html>. Acesso em 03 out. 2017.

DIEZ, Santos. **Experiências de Física na escola**. 4. ed. Passo Fundo: Ed. Universitária, 1996.

ESTUDO PRÁTICO. Ilustração da Definição Matemática de Pressão. Disponível em <https://www.estudopratico.com.br/hidrostatica/>.

GRF—Grupo de Reelaboração; DE REELABORAÇÃO, Grupo. Física 2: física térmica; óptica. **São Paulo: Edusp**, 1991.

GÜEMEZ, J., FIOLEAIS, C., FIOLEAIS, M. **Fundamentos de Termodinâmica do Equilíbrio**, Fundação Calouste Gulbenkian, 1998.

INFO ESCOLA. Experimento de Torricelli Para Determinação Da Pressão Atmosférica. Disponível em : <https://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>. Acesso em 20 set. 2017

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. Vol. 1. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2010. Mundo Estranho. Disponível em <https://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-se-formam-os-ventos/> .

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativa – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, V1, n.2, 2011.

Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V.22, nº 1- p.94-99, 2000.

PORTAL ESCOLA: CIÊNCIA E CULTURA. Escalas Termométricas. Disponível em: <http://portalcienciaecultura.blogspot.com.br/2010/09/medida-da-temperatura.html>. Acesso em 20 set. 2017.

REIF, F., **Fundamentals of Statistical and Thermal Physics**. McGraw-Hill, (1985).

RESUMO ESCOLAR. Relação Entre a Temperatura e as Mudanças de Fase. Disponível em: <https://www.resumoescolar.com.br/quimica/mudancas-de-estado-fisico-da-materia/>. Acesso em 25 set. 2017.

Rocha, José Fernando (org.) **Origens e Evolução das Idéias da Física**. EDUFBA, Salvado – BA, (2002).

Salinas, S. R., **Introdução à Física Estatística**, EDUSP, São Paulo, (1997).

Sears, F. W. e Salinger, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. 3ª Edição, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1979.

UNIVERSO CIENTÍFICO. Condução Térmica. Disponível em: <https://universocientifico.com.br/1a-aula-termologia-definicao-de-calor-e-temperatura/>. Acesso em 20 set. 2017.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo**. 2. Edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002 (pág. 82).

Wreszinski, W. F., **Termodinâmica**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, (2003).