

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE NACIONAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DA FÍSICA

GABRIEL FELIPE FURTADO FERREIRA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS TÉRMICAS NO
ENSINO MÉDIO**

SÃO LUÍS – MA
2020

GABRIEL FELIPE FURTADO FERREIRA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS TÉRMICAS NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Linha de Pesquisa: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira

SÃO LUÍS – MA
2020

GABRIEL FELIPE FURTADO FERREIRA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS TÉRMICAS NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Linha de Pesquisa: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira

Aprovada em: 20 / 05 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira (Orientador)
Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão
Presidente

Prof. Dra. Helianane Oliveira Rocha
Doutora em Educação – Universidade Federal do Maranhão
(Examinadora Interna)

Prof. Dr. Antônio Soares dos Anjos Filho
Doutor em Física – Instituto Federal do Maranhão
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, sem ele nada é possível.

A professora Maria de Fátima M. Furtado Ferreira, minha mãe, meu exemplo de vida, que acredita e sempre acreditou no meu potencial.

Ao meu pai Aldemir Nunes Ferreira e meu irmão Daniel R. Furtado Ferreira por me motivarem.

A minha família, por sempre estarem me apoiando mesmo de longe.

A minha esposa Karla Bianca, pelo apoio, incentivo e ajuda ao longo dessa caminhada. Sem ela essa jornada seria mais difícil.

Aos meus amigos do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) polo UFMA, em especial ao Moisés Silva Mota pela colaboração ao longo do curso.

Aos meus colegas de trabalho, da escola CE Humberto de Campos, Andréa Joana, Jorge Araújo, Regina Medeiros, Dogival Jr, Richard Ferreira, Samuel Falcão, Evanir Torres e Nhadya Brito pelo apoio, principalmente nos momentos que precisei ficar ausente da escola.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira, pela paciência, incentivo e direcionamento no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores do programa de MNPEF pelo conhecimento e experiências compartilhados.

Ao coordenador do mestrado, Dr. Edson Firmino, e a todos os professores que fizeram parte dessa jornada acadêmica.

A UFMA pela parceria junto ao MNPEF e por proporcionar todas as condições necessárias para a sua continuidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento a este programa de Pós-Graduação.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de sequência didática para o ensino de máquinas térmicas, destinado a professores de física ou ciências do ensino básico. Foi escolhido como eixo temático a história da ciência e as máquinas térmicas usadas pela sociedade contemporânea. O marco teórico deste trabalho foi baseado na obra de David Ausubel sobre aprendizagem significativa bem como a utilização de mapas conceituais proposto por Joseph Novak e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira. A sequência apresentada no produto educacional tem um total de oito encontros e sete atividades nos quais são usadas diversas ferramentas de ensino como o uso de vídeos, experiências realizadas em sala e textos científicos. O propósito desse trabalho é que o aluno perceba a importância das máquinas térmicas para o desenvolvimento da sociedade moderna e a dependência que temos dessas máquinas, na atualidade, partindo dos meios de transportes equipados com motores a combustão interna até a geração de energia elétrica nas usinas termoeletricas e term nucleares. A sequência didática apresentada é qualitativa/comparativa e foi desenvolvida em parceria com a 2º série do ensino médio da escola CE Humberto de Campos em São Luís do Maranhão.

Palavras-chaves: Máquina térmica. Sequência didática. Mapas conceituais. Termoeletrica.

ABSTRACT

The present work presents a didactic sequence for the teaching of thermal machines, using as its thematic axis the history of science and the machines used by contemporary society. The development of the work was based on the David Ausubel work on meaningful learning as well as the use of conceptual maps proposed by Joseph Novak and the Potentially Significant Teaching Units of Marco Antonio Moreira. The sequence features a total of eight encounters in which various teaching tools are used, such as the use of videos, experiments carried out in the classroom, scientific texts and a field visit in a thermoelectric plant. The purpose of this work is for the student to realize the importance of thermal machines for the development of modern society and the dependence we have of these machines, in the current time, starting from the transportation means equipped with internal combustion engines until the generation of electric energy in the thermoelectric and thermonuclear plants. The proposal will be applied in the second grade of the high school, CE Humberto de Campos School in São Luís do Maranhão.

Key-Words: Thermal machine. Following teaching. Concept maps. Thermoelectric.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Desenho esquemático de uma máquina a vapor	18
Figura 2 – Esquema simplificado de uma máquina térmica.....	19
Figura 3 – Diagrama PxV para o ciclo de Carnot.....	20
Figura 4 – Máquina de Carnot.....	22
Figura 5 – Diagrama PxV do ciclo Diesel	25
Figura 6 – Diagrama PxV do ciclo Otto	25
Figura 7 – Mapa conceitual sobre o calor	31
Figura 8 – Estrutura de proposição.....	31
Figura 9 – Mapa conceitual sobre utilização da ferramenta Mapa Conceitual na aprendizagem significativa.	33
Figura 10 – Mapa de referência para a correção do mapa 2.....	48
Figura 11 – Equipe A, após o término da experiência.....	50
Figura 12 – Equipe B, após o término da experiência.....	51
Figura 13 – Equipe C, após o término da experiência.....	51
Figura 14 – Equipe D, após o término da experiência.	52
Figura 15 – Imagem de uma aluna montando a turbina que irá compor a usina.....	53
Figura 16 – Mapa 1 – produzido pelo aluno D.....	56
Figura 17 – Mapa de referência feito pelo professor.....	57
Figura 18– Mapa 1 – produzido pelo aluno D, corrigido	58
Figura 19 – Mapa 1 – produzido pelo aluno A	59
Figura 20 – Mapa 1 - produzido pelo aluno B.....	60
Figura 21 – Mapa 1 – produzido pelo aluno C	61
Figura 22 – Mapa 2 – produzido pelo aluno A	62
Figura 23 – Mapa 2 – produzido pelo aluno B	63
Figura 24 – Mapa 2: produzido pelo aluno C	64
Figura 25 – Mapa 3 – produzido pelo aluno B	66
Figura 26 – Mapa 3 – produzido pelo aluno E	67
Figura 27 – Distribuição gráfica dos mapas por categoria	68
Figura 28 - Distribuição percentual de mapas por categoria. Referência Mapa 1.....	68
Figura 29 - Distribuição percentual de mapas por categoria. Referência Mapa 2.....	69
Figura 30 - Distribuição percentual de alunos por categoria. Referência: pergunta 2	72
Figura 31 – Gráfico sobre acertos e erros na atividade sobre rendimento	74

Figura 32 – Gráfico das respostas referente a atividade final.....	76
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas do ciclo idealizado por Carnot	23
Quadro 2 – Princípios para o desenvolvimento das UEPS.....	34
Quadro 3 - detalhamento do primeiro encontro.....	37
Quadro 4 - Detalhamento do segundo encontro	38
Quadro 5 - Detalhamento do terceiro encontro	39
Quadro 6 - Detalhamento do quarto encontro	40
Quadro 7 - Detalhamento do quinto encontro	41
Quadro 8 - Detalhamento do sexto encontro	42
Quadro 9 – Estrutura simplificada da sequência didática.....	43
Quadro 10 – Estratégias para a introdução dos mapas conceituais desde o grau sete do ensino básico até ao nível universitário.	44
Quadro 11 – Critério de classificação dos mapas conceituais segundo Novak (1984).	55
Quadro 12 – Classificação das respostas da questão 02.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 TERMODINÂMICA.....	13
2.1 Breve histórico sobre as máquinas térmicas.....	13
2.2 As leis da Termodinâmica.....	16
2.3 Máquinas térmicas.....	17
2.3.1 Máquina de Carnot	19
2.3.2 Ciclo de Carnot.....	22
2.3.3 Motor de ciclo Otto e motor de ciclo Diesel	24
2.3.4 Ciclo de Stirling.....	25
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
3.1 A teoria da aprendizagem significativa.....	27
3.2 Mapas conceituais.....	30
3.3 Sequência Didática para o ensino de Ciências	33
4 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	37
4.1 Descrição da sequência didática	37
4.2 Ambiente de pesquisa	42
4.3 Metodologia de aplicação	43
5 ANÁLISE DE RESPOSTAS	54
5.1 Mapas Conceituais.....	54
5.2 Texto científico	70
5.3 Resolução de exercícios sobre rendimento de Máquinas Térmicas	73
5.4 Questionário sobre atividade experimental	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	80

1 INTRODUÇÃO

Por que estudar Termodinâmica no ensino básico? Ou melhor, por que estudar Física? Essas são perguntas muito comuns dos nossos alunos e muita das vezes o professor não sabe a resposta e para contornar a situação, responde dizendo “*é importante porque cai no vestibular, cai no ENEM*”. Então o objetivo do ensino básico é, somente, preparar o aluno para uma prova de acesso ao ensino superior? Claro que não. Segundo o artigo 22º da Lei nº 9.394/96 (LDB): “A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (BRASIL, 1996). E segundo os parâmetros curriculares nacionais (PCN’s) os conhecimentos em Física apresentam o seguinte significado:

Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda assim terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2002).

Então, antes de tudo, cabe ao professor explicar ao aluno como a Física foi, e é, fundamental para o desenvolvimento da cidadania contemporânea, mostrar que um dos objetivos da Física é capacitar o aluno a interpretar fatos, processos e fenômenos naturais que ocorrem a sua volta, como por exemplo; o simples fato do jovem ir à escola, ele foi de carro? Foi de ônibus? Como aquela máquina (carro ou ônibus) funciona? Por que alguns veículos usam gasolina enquanto outros usam óleo Diesel? São perguntas simples que podem servir de gatilho para despertar no discente o interesse por Física, por Ciências. Nós como professores de Física do ensino básico, temos uma tarefa fundamental que é incentivar alunos para seguirem em estudos posteriores, em especial, na área das ciências naturais pois precisamos formar uma cultura científica efetiva.

Um dos temas mais interessante da Física, sem dúvidas, é o estudo da Termodinâmica, esse ramo da Física de acordo com os PCN’s pode ser abordado no tema estruturador: *calor, ambiente, fontes e usos de energia*

O estudo do calor será importante para desenvolver competências que permitam lidar com fontes de energia, processos e propriedades térmicas de diferentes materiais, permitindo escolher aqueles mais adequados a cada tarefa. Poderão ser promovidas, também, competências para compreender e lidar com as variações climáticas e ambientais ou, da mesma forma, com os aparatos tecnológicos que envolvem o controle do calor em ambientes. Acompanhando a evolução do trabalho humano ao longo da história, haverá

que saber reconhecer a utilização do calor para benefício do homem, em máquinas a vapor ou termelétricas, ou o calor como forma de dissipação de energia, impondo limites às transformações de energia e restringindo o sentido do fluxo de calor. Nesse contexto, será ainda indispensável aprofundar a questão da “produção” e utilização de diferentes formas de energia em nossa sociedade, adquirindo as competências necessárias para a análise dos problemas relacionados aos recursos e fontes de energia no mundo contemporâneo, desde o consumo doméstico ao quadro de produção e utilização nacional, avaliando necessidades e impactos ambientais (BRASIL, 2002).

Dessa forma o estudo de máquinas térmicas tem potencial para se alcançar os objetivos pretendidos pelo tema estruturador. Segundo Passos (2002) *“Os avanços na termodinâmica como ciência vieram a reboque dos avanços e inovações tecnológicas das máquinas térmicas”* então nada mais justo que falarmos um pouco sobre elas.

A importância das máquinas térmicas no desenvolvimento da sociedade moderna foi fundamental. Graças a evolução da tecnologia das máquinas térmicas, em especial a máquina a vapor, foi possível se desenrolar a revolução industrial; os principais meios de locomoção funcionam pelos conceitos de máquinas térmicas. Porém um tema tão significativo como esse, infelizmente, não tem a devida atenção no ensino básico.

Com a introdução dos PCN's o ensino de Física deveria ter mudado de direção, afastando-se de situações abstratas e repetições automatizadas de procedimentos, e se aproximando de situações mais realistas, situações vivenciadas pelo aluno, gerando dessa forma um significado para o conteúdo. Porém isso não ocorreu como o esperado pois não foi disponibilizado, para os professores, uma formação que os capacitasse a mudar a forma de trabalhar, muito menos foi implementado uma política pública de incentivo a capacitação dos professores de ensino básico do estado do Maranhão. Dessa forma, o ensino de Física se manteve tradicional, na maioria dos espaços escolares.

Outro motivo para o “fracasso” da implementação dos PCN's nas escolas está associado ao material disponibilizado pelas editoras, no geral, os livros textos trazem os assuntos de forma engessada, os temas são abordados separadamente seguindo os modelos tradicionais, a exemplo temos, o livro didático na segunda série do ensino médio, ele está dividido em três partes, a primeira é termologia, ou termodinâmica, a segunda parte é ondulatória e a terceira parte é óptica. Cada parte é dividida em capítulos, os conteúdos abordados nos capítulos são poucos contextualizados e os exemplos usados muita das vezes se afasta da realidade dos alunos.

O conteúdo de máquinas térmicas é abordado, nos livros didáticos, com apelo no formalismo matemático para o cálculo de rendimento das máquinas e no estudo de gráficos sem fazer um apanhado histórico e deixando de lado a aplicação atual das máquinas térmicas.

Deixando, dessa forma, um assunto sem importância, sem significado para o aluno, causando o desinteresse.

A proposta dessa dissertação, é criar uma sequência didática para o ensino, significativo, de máquinas térmicas no ensino básico com o foco em história da ciência, experimentos e na aplicabilidade tecnológica. Para isso foi usado como norteadores as obras de David Ausebel sobre aprendizagem significativa, Joseph Novak sobre mapas conceituais e Marco Antônio Moreira sobre Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de São Luís, Maranhão, na escola de ensino médio C E Humberto de Campos localizada no bairro de Fátima, escolhemos a turma 200 do turno matutino (turma com maior frequência de alunos) que continha 30 alunos.

O objetivo desse trabalho é criar uma Sequência Didática para o ensino de Máquinas Térmicas, que possa atrair o aluno e o aproximar do conteúdo através de modelos práticos e atuais que possibilitem o link entre o tema, sua importância histórica e contemporânea, com o intuito de gerar um aprendizado significativo e trazer, para o professor, uma nova metodologia de trabalho que tira a dependência do livro didático.

2 TERMODINÂMICA

2.1 Breve histórico sobre as máquinas térmicas

As máquinas as quais me refiro nesse texto, são aqueles engenhos produzidos pelo homem que transformam um tipo de energia em energia mecânica, poupando, assim, a energia humana. As máquinas térmicas, seguindo essa definição, transformam energia térmica (calor) em energia mecânica. Segundo Tipler; Mosca (2004, p. 666) no livro, física para cientistas e engenheiros volume I os autores trazem o seguinte conceito para essas máquinas:

Uma máquina térmica é um dispositivo cíclico, com o propósito de converter a maior quantidade possível de calor em trabalho. As máquinas térmicas contêm uma substância ou fluido de trabalho (água em uma máquina a vapor e ar e gasolina em um motor de combustão interna, por exemplo) que absorve uma quantidade de calor Q_Q de um reservatório de alta temperatura, realiza o trabalho W sobre a vizinhança e cede a quantidade de calor Q_F ao retornar ao estado inicial (TIPLER, MOSCA. 2004, p. 666).

A primeira máquina térmica catalogada data do século I a.C. trata-se da *eolípila* ou máquina de Heron, descrita no livro *Pneumática*, de Heron de Alexandria. Segundo Quadros (1996, p. 15, apud PASCOAL, 2016), a eolípila era uma espécie de motor bem simples, formado por um objeto esférico e oco de cobre conectado a um pistão que, quando adicionando água em seu interior, era aquecido por uma caldeira. Por conseguinte, reagia em movimentos giratórios, produzindo ar quente que, a partir da água aquecida, expandia-se rapidamente em decorrência da alta pressão.

Heron de Alexandria foi o primeiro a perceber que o calor podia gerar movimento porém sua máquina não teve funcionalidade prática. A primeira máquina térmica funcional foi desenvolvida em 1690, por Denis Papin, físico francês inventor da panela de pressão, utilizou vapor para impulsionar um mecanismo com êmbolo e cilindro, considerado o primeiro motor de pistão.

O desenvolvimento das máquinas térmicas se deu ao lado da revolução industrial. Segundo da Silva e Errobidart, com a expansão da industrialização inglesa, aumentou – se a demanda por carvão mineral, para suprir a demanda, foi necessário aumentar a profundidade das minas o que provocou inundações das jazidas inviabilizando a extração do minério. Para solucionar o problema o setor econômico da sociedade investiu em tecnologia. Nesse contexto,

em 1698, Thomas Savery, engenheiro militar inglês, desenvolve uma máquina a vapor com a finalidade de retirar água dos poços das minas de carvão.

A máquina de Savery usava a diferença de pressão, por ela gerada, para retirar a água dos poços de mineração. Segundo Silva e Errobidart (2019):

O trabalho nas minas estava associado a construção de túneis com profundidade cada vez mais elevada, aspecto que resultava num desgaste físico gigantesco, por parte dos trabalhadores. O emprego da máquina de Savery, apesar de melhorar essa situação, apresentava riscos relacionados com sua operação. Com a necessidade do aumento da pressão, conforme aumentava-se a profundidade do local em que se encontrava a água que deveria ser expelida para fora das minas, muitos eram os acidentes relacionados ao aumento da temperatura e consequente explosões da caldeira. Além disso, as tubulações que transportavam a água também não resistiam as altas pressões, sendo necessário controlar esse fator para no máximo 4 atmosferas (4 atm.) (SILVA, ERROBIDART, 2019).

Em 1712, o inglês Thomas Newcomen aperfeiçoou as máquinas de Savery e Papin, a principal diferença era uma viga que lembrava uma gangorra e poderia ser utilizada em minas profundas, e além de elevar a água, podia elevar cargas, sem risco de explodir. Situação frequente nas primeiras máquinas. Na máquina de Newcomen, o vapor d'água era condensado por um jorrimento de água fria que recebia dentro do cilindro e com isso o êmbolo descia (FORBES, 1958 apud TAVARES, 2018).

No ano de 1763, o engenheiro Escocês James Watt que trabalhava numa oficina e era fabricante de instrumentos da universidade de Glasgow, teve pela primeira vez contato com uma máquina de Newcomen. Ele recebeu um modelo da máquina para consertar, pertencente ao professor John Anderson que trabalhava na mesma universidade (SPROULE, 1992 apud TAVARES, 2018). Ele percebeu que quando o vapor era resfriado no cilindro, perdia-se parte da energia, diminuindo, consequentemente o seu rendimento. O vapor passou a ser resfriado num condensador, feito por Watt, num local reservado da máquina. Interessando-se pela pesquisa no melhoramento das máquinas a vapor, Watt construiu sua primeira máquina, em 1769. Em 1792, construiu outra mais eficiente ainda que possuía sistema de engrenagens que tinham movimentos rotativos e que foram chamados de sol – e – terra (FORBES, 1958 apud TAVARES, 2018).

A conversão do movimento de vai e vem, gerado pelo pistão, em movimento de rotação possibilitou a introdução da máquina a vapor nas fábricas. A primeira introdução foi no setor têxtil, as primeiras máquinas de fiar usavam a energia humana para girar as engrenagens, essas foram substituídas pelas máquinas hidráulicas que usavam a queda d'água como fonte de energia para girar as rodas d'água, e por fim, essas foram substituídas pelas máquinas a vapor, o que aumentou e muito a produtividade das fábricas e a instalação das mesmas. Durante o

século XIX a energia hidráulica foi substituída pela energia fornecida pelas caldeiras das máquinas a vapor.

A máquina a vapor, também, ganhou espaço nos meios de transportes, graças a ela foi possível criar máquinas capazes de transportar grandes quantidades de cargas e pessoas, sem precisar da força animal. As locomotivas, também chamadas de *maria fumaça*, reduziram a distância entre cidades e o tempo de acesso a informação.

Em 1771, um veículo de três rodas movido a vapor foi construído pelo francês Nicolas-Joseph Cugnot. O carro Cugnot, destinado a rebocar peças de artilharia, foi considerado o primeiro automóvel.

Reichard Trevithick, 1804, constrói a primeira locomotiva que transportava, à 8 km/h, 10 toneladas de carga num trilho de ferro fundido.

Em 1824 George Stephenson, baseado nas ideias de Trevithick, construiu a *Locomotion Nº1* que foi a primeira locomotiva a transportar passageiros. É interessante ressaltar que como as locomotivas tinham grande massa e, portanto, alto momento linear era difícil manter uma velocidade satisfatória nas subidas e parar a mesma nas descidas, portanto nas construções de novas linhas férreas foi preciso um alto conhecimento em terraplanagem para fazer as linhas o mais planas possível. As ferrovias se espalharam por toda Inglaterra, Bélgica, França, ... e por outros continentes. Nos Estados Unidos, as ferrovias se estenderam por todos os estados, ligando as costas atlântica e pacífica.

No Brasil, a primeira locomotiva a vapor foi a **“Baroneza”** que circulou na Estrada de Ferro Petrópolis, que, a princípio, ligava o porto de Mauá a Frágoso, no Rio de Janeiro, inaugurada em 1854. Segundo Neves, a primeira estrada de ferro de caráter estratégico para a economia maranhense foi a linha entre Caxias e o povoado ribeirinho de “Cajazeiras”, nas margens do rio Parnaíba, defronte à Teresina, capital do Piauí. Foi construída pela “Companhia Geral de Melhoramentos do Maranhão”, e inaugurada em 1895.

O motor a vapor, sem dúvidas, teve um papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade contemporânea, mas foi perdendo espaço, ainda no século XIX para as novas tecnologias que surgiram como: o motor de ar quente de Robert Stirling, elaborado em 1816, que apresentava melhor rendimento, e principalmente os motores de combustão interna de Otto e Diesel.

Segundo Tillmann (2013), em 1867, os alemães Nicolaus Otto e Eugen Langen apresentam um motor de combustão interna com eficiência de 11%, e em 1876 Otto apresenta outro motor, agora com rendimento de 14%. O novo motor de Otto tem quatro cilindros e

funciona com quatro tempos (admissão, compressão, explosão e exaustão), era bem compacto e leve, com aproximadamente $1/3$ da massa do motor anterior.

No final do século XIX estavam disponíveis os primeiros motores a gasolina para automóveis.

Em 1892, o engenheiro alemão Rudolf Diesel registrou a patente do motor que leva seu nome até hoje. A característica fundamental desse motor é que o combustível é injetado dentro de uma câmara de combustão que já contém o ar aquecido e pressurizado. A combustão da mistura se produz pela compressão (combustão espontânea) devido às condições combinadas de pressão e temperatura elevadas, e não por uma centelha, como ocorre no caso dos motores do ciclo Otto. As características deles são as mesmas encontradas nos motores de hoje.

Com o tempo as máquinas a vapor cederam lugar para os motores de combustão interna e às turbinas, mas ainda hoje elas se mantêm presente, principalmente, na geração de energia elétrica.

2.2 As leis da Termodinâmica

O estudo do calor e de suas transformações em energia mecânica, sem se importar com a estrutura interna da matéria, é chamado de Termodinâmica. Historicamente a Termodinâmica foi desenvolvida antes que uma compreensão da estrutura interna da matéria fosse obtida. Os fenômenos eram analisados empiricamente.

Para analisarmos essa relação, vamos tomar como exemplo um trecho do livro lições de Física, volume I, do Nobel Richard Feynman:

Sabemos pela teoria cinética que a pressão de um gás é causada pelo bombardeio molecular, e sabemos que se aquecermos um gás, de modo que o bombardeio aumente, a pressão deve aumentar. Por outro lado, se o pistão em um recipiente de gás for movido para dentro contra a força do bombardeio, a energia das moléculas que bombardeiam o pistão aumentará, e consequentemente a temperatura aumentará. Portanto, por um lado, se aumentamos a temperatura em um dado volume, aumentamos a pressão. Por outro lado, se comprimirmos o gás, perceberemos que a temperatura aumentará. Da teoria cinética, é possível derivar uma relação quantitativa entre esses dois efeitos, mas instintivamente poderíamos adivinhar que eles estão relacionados de alguma maneira inevitável a qual é independente dos detalhes das colisões. ” Ou seja, é possível aumentar a temperatura de um sistema, adicionando – lhe calor ou simplesmente realizando trabalho sobre ele, e isso é observável a “olho nu”.

Curioso o fato de que a segunda lei vem antes da primeira. Proeza atribuída ao grande engenheiro e matemático francês, Sadi Carnot que em 1824 publicou a sua primeira e única obra **“Reflexões sobre a potência motriz do fogo e sobre as máquinas adequadas ao desenvolvimento dessa potência”**. As máquinas de fogo eram as máquinas a vapor da época de Carnot, foi analisando essas máquinas que Carnot propôs sua lógica, mais tarde interpretada como a segunda lei da Termodinâmica.

Aqui, iniciamos a conceituação matemática descrevendo a primeira lei da Termodinâmica, a da conservação de energia: “A variação da energia interna do sistema é igual ao calor transferido para o sistema mais o trabalho realizado sobre o mesmo (TIPLER; MOSCA, 2004, p. 635)”. A primeira lei pode ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta U = Q + W \quad (2.1)$$

A variação em U pode ser representada, na forma diferencial, como soma de um pouco de calor Q mais a soma de um pouco de trabalho W , isto é,

$$dU = dQ + dW \quad (2.2)$$

Antes de seguir para a segunda lei, vamos analisar uma situação proposta por

Suponha que você coloque um tijolo quente sobre um tijolo frio, no interior de uma região termicamente isolada. Você sabe que o tijolo quente esfriará e cederá calor ao tijolo frio, o qual se aquecerá. Eles atingirão uma temperatura comum: o equilíbrio térmico. Nenhuma energia se perderá, de acordo com a primeira lei da termodinâmica. Mas imagine que o tijolo quente extraísse calor do tijolo frio, tornando-se mais quente ainda. Isso violaria a primeira lei da termodinâmica? Não, se o tijolo frio tornar-se correspondentemente mais frio de maneira que a energia combinada de ambos permaneça constante. Se isso acontecesse, não haveria violação da primeira lei. (PAUL HEWITT 2002, p. 318)

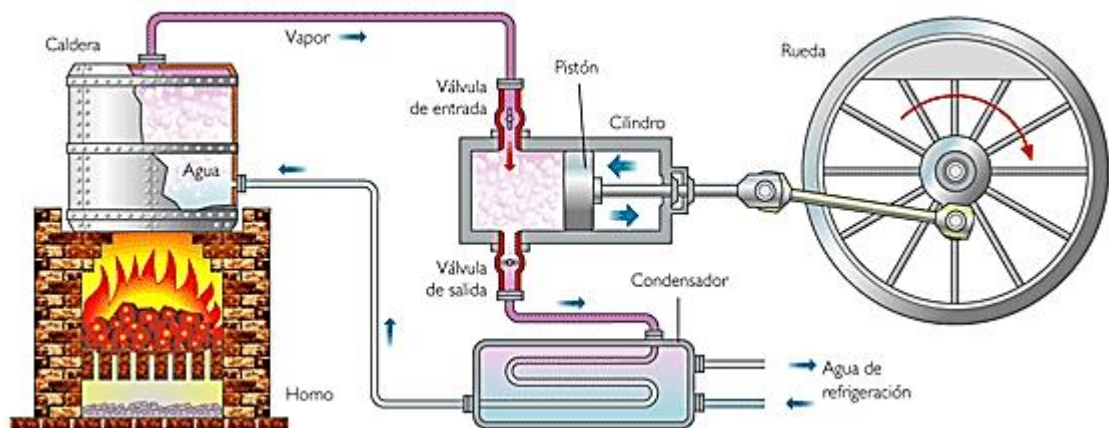
Isso não ocorre porque fere a segunda lei da Termodinâmica, a segunda lei determina o sentido da transferência de calor em processos naturais. Carnot supôs que é impossível extrair energia do calor em uma única temperatura e que o calor não pode ser recebido em uma certa temperatura e convertido em trabalho sem qualquer modificação no sistema ou no meio.

A segunda lei da Termodinâmica pode ser enunciada assim; *De forma espontânea, o calor, sempre, flui do sistema de maior temperatura para o sistema com menor temperatura.* Ou segundo o enunciado de Kelvin; “É impossível que um sistema remova energia térmica de um único reservatório e converta essa energia completamente em trabalho sem que haja mudanças adicionais no sistema ou em suas vizinhanças” (TIPLER; MOSCA, 2004, p. 666).

2.3 Máquinas térmicas

Máquina térmica é qualquer dispositivo que, operando em ciclos, converta energia interna em trabalho, para isso esse dispositivo deve receber calor de uma fonte quente, o que aumenta sua energia interna, converte parte da energia em trabalho mecânico e rejeita o restante para a fonte fria. São exemplos de máquinas térmicas, as máquinas a vapor, um motor a combustão interna e um motor a jato. A **figura 1** mostra um desenho esquemático de uma máquina a vapor. Nesse esquema, temos a combustão do carvão, na fornalha (fonte quente), fornecendo calor para água que está na caldeira, a temperatura do líquido aumenta (energia interna da água aumenta) provocando sua vaporização, o vapor sai da caldeira e chega ao cilindro a alta pressão, no cilindro, o vapor empurra o pistão (realiza trabalho) que movimenta outras engrenagens fazendo a roda girar. O movimento contínuo da roda empurra o pistão de volta, rejeitando o vapor para o condensador (fonte fria) através da válvula de saída, o vapor se condensa e retorna a caldeira reiniciando o ciclo.

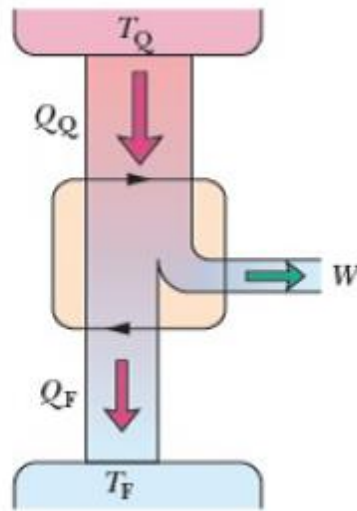
Figura 1- Desenho esquemático de uma máquina a vapor



Fonte: WENDY, 2018

A transformação de energia ocorrida em qualquer máquina térmica pode ser representado, de maneira simples por outro esquema, representado na **figura 2**, frequente nos livros didáticos, de todos os níveis. Nessa representação uma máquina térmica opera entre dois reservatórios, um quente e outro frio, que estão a temperaturas T_Q e T_F respectivamente, remove a quantidade de calor Q_Q da fonte quente, realiza o trabalho W e rejeita o calor Q_F para a fonte fria.

Figura 2 – Esquema simplificado de uma máquina térmica



Fonte: HALLIDAY, Fundamentos da Física volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 2018. Pág. 265

Aplicando a primeira lei da termodinâmica para essa máquina térmica, temos,

$$W = |Q_Q| - |Q_F|. \quad (2.3)$$

Define-se eficiência ou rendimento ε de uma máquina térmica como a razão entre o trabalho efetuado pela máquina e calor recebido do reservatório quente:

$$\varepsilon = \frac{W}{Q_Q} = \frac{|Q_Q| - |Q_F|}{|Q_Q|} = 1 - \frac{|Q_F|}{|Q_Q|}. \quad (2.4)$$

Essa expressão limita a eficiência das máquinas térmicas, pois a razão entre as quantidades de calor Q_F e Q_Q sempre será menor que um! As máquinas a vapor mais eficientes operam com um rendimento de cerca de 40%. Os melhores motores a combustão interna operam com um rendimento próximo a 50%. Podemos, então enunciar a segunda lei da termodinâmica relacionada à máquina térmica da seguinte maneira “É impossível construir uma máquina térmica, operando em ciclos, que produza o único efeito de extrair calor de um reservatório e realizar uma quantidade equivalente de trabalho” (TIPLER; MOSCA, 2004, p. 671).

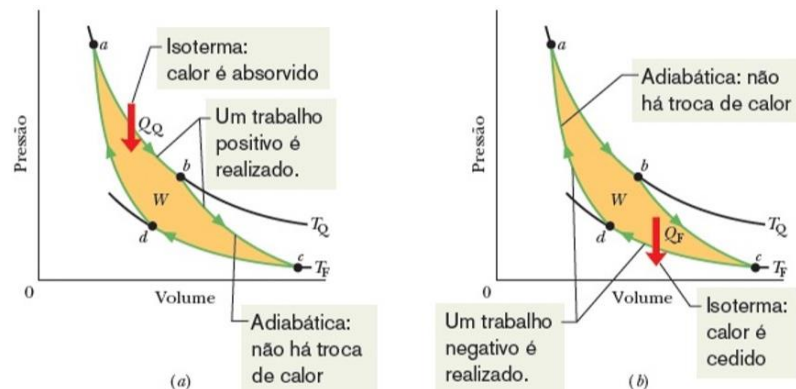
2.3.1 Máquina de Carnot

De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, é impossível que uma máquina térmica, operando entre dois reservatórios a temperaturas diferentes, tenha o rendimento de 100%. O maior rendimento possível, para uma máquina térmica, foi proposto por Carnot em 1824. Segundo Carnot: “Nenhuma máquina térmica, que opere entre dois reservatórios térmicos

dados, pode ser mais eficiente do que uma máquina reversível que opere entre os mesmos dois reservatórios” (TIPLER; MOSCA, 2004, p. 675).

Uma máquina reversível que opera entre dois reservatórios térmicos é chamada de máquina de Carnot, e o seu ciclo, de, ciclo de Carnot. A **figura 3** mostra o ciclo de Carnot para um gás ideal em um gráfico P x V.

Figura 3 – Diagrama PxV para o ciclo de Carnot



Fonte: HALLIDAY, Fundamentos da Física volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 2018. Pág. 265

Na primeira etapa do ciclo (a-b) a quantidade de calor Q_Q é absorvida do reservatório quente durante uma expansão isotérmica, seguida de uma expansão adiabática (c-d), segunda etapa, em que sua temperatura diminui. Na terceira etapa, durante a compressão isotérmica (c-d) o sistema rejeita calor (Q_F) para o reservatório frio, seguido de uma compressão adiabática (d-a) na qual a temperatura do sistema aumenta até a temperatura inicial.

Por se tratar que a substância de trabalho é um gás ideal, temos que durante a expansão, ou contração, isotérmica, não ocorre variação em U ; dessa forma todo trabalho realizado pelo gás, nesse processo, é a energia Q_Q absorvida do reservatório quente, e pode ser expressa por

$$Q_Q = W_{a-b}, \quad (2.5)$$

como

$$W_{a-b} = \int_a^b p \, dV \quad (2.6)$$

e

$$p = \frac{nRT_Q}{V}. \quad (2.7)$$

Substituindo (2.7) e (2.6) em (2.5), temos;

$$Q_Q = \int_a^b nRT_Q \frac{dV}{V} \quad (2.8)$$

Ou

$$Q_Q = nRT_Q \ln \frac{V_b}{V_a}. \quad (2.9)$$

Da mesma forma, para a compressão em T_F , processo de c para d , o calor cedido ao reservatório frio pode ser expresso por

$$Q_F = W_{c-d} = -nRT_F \ln \frac{V_c}{V_d}. \quad (2.10)$$

A razão entre as duas quantidades de calor é

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = - \frac{nRT_F \ln \frac{V_c}{V_d}}{nRT_Q \ln \frac{V_b}{V_a}}. \quad (2.11)$$

Podemos relacionar as razões V_b/V_a e V_c/V_d analisando os processos adiabáticos. Na expansão de b para c , temos

$$T_Q V_b^{\gamma-1} = T_F V_c^{\gamma-1}. \quad (2.12)$$

Da mesma forma, na compressão adiabática de d para a , tem-se

$$T_Q V_a^{\gamma-1} = T_F V_d^{\gamma-1}. \quad (2.13)$$

Como nas duas expressões podemos isolar a razão T_F/T_Q , é possível ter a seguinte relação entre os volumes

$$\left(\frac{V_b}{V_c}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_a}{V_d}\right)^{\gamma-1}. \quad (2.14)$$

Simplificando,

$$\left(\frac{V_b}{V_c}\right) = \left(\frac{V_a}{V_d}\right). \quad (2.15)$$

ou

$$\left(\frac{V_b}{V_a}\right) = \left(\frac{V_c}{V_d}\right). \quad (2.16)$$

substituindo (2.15) em (2.11), temos

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = - \frac{nRT_F \ln \frac{V_c}{V_d}}{nRT_Q \ln \frac{V_b}{V_a}}. \quad (2.16)$$

Logo,

$$\frac{|Q_F|}{|Q_Q|} = \frac{T_F}{T_Q}. \quad (2.17)$$

Assim, para calcular o rendimento de uma máquina de Carnot, basta substituir a equação (2.17) em (2.4)

$$\varepsilon_c = 1 - \frac{T_F}{T_Q} \quad (2.18)$$

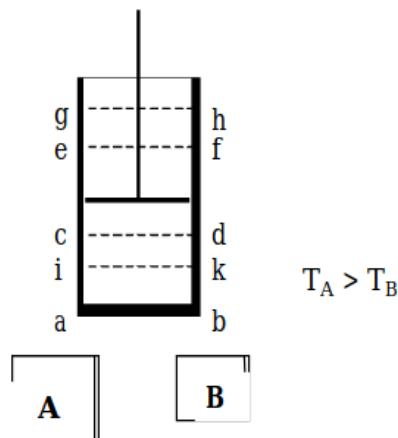
Pela equação (2.18), é possível notar que a temperatura do reservatório frio não pode ser zero, o zero absoluto, uma vez que é impossível para uma máquina, converter todo calor recebido em trabalho.

O rendimento de uma máquina térmica que opera em ciclos pode ser determinado pela razão entre o trabalho líquido e quantidade de calor fornecido, e pela equação 2.18 podemos observar que a eficiência de uma máquina de Carnot, que usa como fluido de trabalho um gás ideal, é determinada em termos da temperatura das fontes quente e fria.

2.3.2 Ciclo de Carnot

Nicolas Leonard Sadi Carnot representado nasceu em 1º de junho de 1796, na França. Sua única obra, intitulada *"Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance"* publicada em 1824, trás uma análise crítica sobre o calor como causa de movimento e sobre a potências das máquinas a vapor. Na mesma obra, Carnot descreve um ciclo ideal para um sistema constituído de um gás, contido em cilindro com um êmbolo móvel, sem atrito, demonstrado na **figura 4**.

Figura 4 – Máquina de Carnot



Fonte: PASSOS, 2018.

As etapas do ciclo de Carnot, estão descritas na **Quadro 1**.

Quadro 1 – Etapas do ciclo idealizado por Carnot

Etapa	Posição do pistão (ver figura)	Descrição	Característica
1	c-d	O sistema (gás) ocupando o volume abcd é colocado em contato com o reservatório A , à temperatura T_A , e mantido à temperatura $T_A - dT$.	Estado inicial do ciclo
2	e-f	A temperatura do ar é mantida à $T_A - dT$, enquanto o pistão se desloca, gradualmente, entre c-d e e-f .	Expansão isotérmica do ar
3	g-h	É desfeito o contato térmico entre o sistema e o reservatório A , ou qualquer outro corpo capaz de fornecer calor. A expansão do ar, entre e-f e g-h , carrega uma diminuição da sua temperatura, até $T_B + dT$.	Expansão adiabática do ar
4	c-d	O sistema ar é colocado em contato com o corpo B , sendo comprimido do entre as posições g-h e c-d , enquanto a temperatura do ar é mantida à $T_B + dT$.	Compressão isotérmica do ar
5	i-k	É desfeito o contato térmico entre o sistema e o reservatório B . A compressão adiabática do gás, entre c-d e i-k , acarreta um aumento da sua temperatura de $T_B + dT$ para $T_A - dT$.	Compressão adiabática do ar
6	e-f	O sistema é colocado, novamente, em contato com o corpo A e o pistão vai da posição i-k para a posição e-f , sem modificar a sua temperatura $T_{ar} = T_A - dT$.	Expansão isotérmica do ar
7		Continuação do novo ciclo, seguindo as etapas 3, 4, 5, 6 e 7	

Fonte: Dados da pesquisa, 2018

É importante esclarecer que Carnot não apresentou o gráfico do ciclo termodinâmico por ele descrito. A representação gráfica pressão por volume foi apresentada por Clapeyron dez anos depois, em 1834, e recorrente nos livros textos de termodinâmica.

Como visto na Quadro, o ciclo de Carnot, é um ciclo fechado, formado por quatro transformações, uma expansão isotérmica em que o sistema recebe calor da fonte quente **A**, seguida de uma expansão adiabática reduzindo a temperatura do sistema, uma compressão isotérmica na qual o sistema cede calor para a fonte fria **B** e uma compressão adiabática aumentando a temperatura do sistema. Serres (1997) considera que o legado de Carnot representou a interseção da revolução industrial com a revolução científica.

2.3.3 Motor de ciclo Otto e motor de ciclo Diesel

Os motores de Otto e Diesel são bem conhecidos pois são aqueles usados em carros, ônibus, caminhões, etc. O motor de Otto funciona a gasolina, álcool e GNV (gás natural veicular), enquanto o motor de Diesel utiliza como combustível o diesel, o biodiesel e suas misturas. Os dois motores são do tipo 4 tempos, sendo o primeiro tempo a admissão, o segundo tempo a compressão, o terceiro tempo a combustão e expansão, e o quarto tempo a exaustão ou escape.

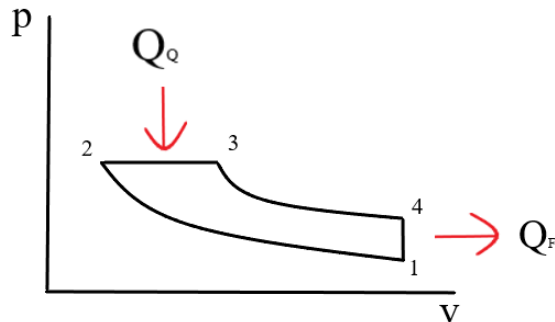
No primeiro tempo, admissão, o motor de Otto aspira para a câmara de combustão, uma mistura de ar e gasolina, enquanto o motor de Diesel aspira somente ar. Quando o motor passa para o segundo tempo, fazendo a compressão, o motor Diesel alcança uma pressão interna muito maior que a alcançada pelo motor Otto, gerando assim, no motor Diesel, altas temperaturas. As diferenças seguem no terceiro tempo, no motor Otto a vela de ignição dá início a combustão, no motor Diesel, o combustível é pulverizado na câmara de combustão, o ar comprimido nessa câmara está numa temperatura acima de 500°C , provocando uma autoignição. No último tempo, o processo nos dois motores é o mesmo, os gases queimados, são expelidos para fora do cilindro.

O gráfico $P \times V$ dos ciclos termodinâmicos dos motores Diesel e Otto estão representados na **figura 5** e **figura 6** respectivamente, os números **1**, **2**, **3** e **4** representam estados termodinâmicos, Q_Q é o calor recebido e Q_F o calor rejeitado.

O ciclo de Diesel é formado por uma compressão adiabática entre os estados **1** e **2**. A transformação de **2** para **3**, é uma isobárica seguida de uma expansão adiabática de **3** para **4**, por último ocorre uma transformação isocórica de **4** para **1**. Numa situação ideal as transformações **2** para **3** e **3** para **4** correspondem ao momento em que o combustível é

pulverizado, ocorre a combustão instantânea seguida da expansão, onde a máquina realiza trabalho. A última etapa de **4** para **1** o restante do calor é rejeitado.

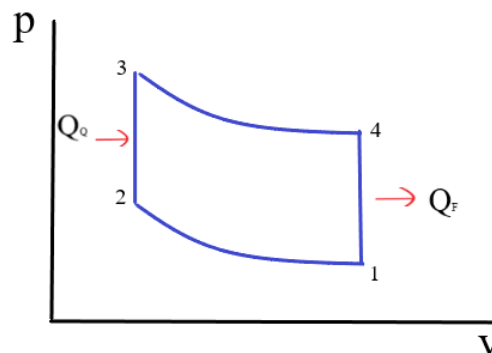
Figura 5 – Diagrama PxV do ciclo Diesel



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

O ciclo de Otto é formado por duas adiabáticas, uma compressão de **1** para **2** e uma expansão de **3** para **4**, onde a máquina realiza trabalho. E duas isocóricas, de **2** para **3**, ocorre a combustão, o motor recebe calor, e de **4** para **5** o ciclo se encerra, e reinicia novamente, rejeitando o restante do calor.

Figura 6 – Diagrama PxV do ciclo Otto



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

As diferenças entre os ciclos também resultam numa diferença de eficiência. O ciclo Diesel leva vantagem pois por trabalhar sob maior pressão, produz maior trabalho, logo tem maior rendimento.

2.3.4 Ciclo de Stirling

Motor de Stirling é o nome dado por Rolf Meijer para generalizar todos os tipos de engenho regenerativos de circuito fechado a ar ou gás e com aquecimento externo, em homenagem ao inventor do primeiro motor que funciona nesses termos, Robert Stirling.

Robert Stirling, nasceu em 25 de outubro de 1790 em Gloag, e faleceu em Galston, East Ayrshire, em 6 de junho de 1978. Foi um pastor escocês e inventor do motor Stirling. Teve como principal motivação um problema da época, acidentes ocorridos nas minas de carvão provocados por explosões de máquinas a vapor. Nas primeiras máquinas a vapor, era comum as caldeiras explodirem, uma vez que os materiais usados não eram tão resistentes e, muita das vezes, não suportavam as altas pressões que o vapor gerava. A máquina de Stirling, era mais segura, dispensava as caldeiras, não usava vapor e operava com pressões mais baixas que as das máquinas a vapor.

Os motores de Stirling, teoricamente, são mais eficientes que os motores de Otto ou Diesel, chegando a uma eficiência próxima a máxima teórica, conhecida como “**eficiência do ciclo de Carnot**”, utilizam vários tipos de combustíveis (gás natural, óleo combustível, biomassa, diesel, gasolina, álcool, solar, entre outros) e é um motor silencioso, pelo fato da combustão ser externa e contínua.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A teoria da aprendizagem significativa

O norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008), foi um psicólogo e pesquisador da educação. Criou a teoria da aprendizagem significativa, segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem ocorre de forma significativa quando um novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento, já existentes, de um aluno dando importância ao seu conhecimento prévio. Quando isso não acontece, a aprendizagem se torna mecânica ou repetitiva o aluno apenas “decora” o conteúdo; ao se testar a compreensão desse conteúdo perguntando ao aluno o que ele entendeu, é bem possível ter como resposta falas mecanicamente memorizadas, esse tipo de aprendizagem é mais fácil de ser esquecida pois uma vez que se produziu menos a incorporação e atribuição de significado, o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva. A aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação cognitiva entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade. (MOREIRA e MASINI, 1982, 2006; MOREIRA, 1999, 2000, 2006; MASINI e MOREIRA, 2008; VALADARES e MOREIRA, 2009).

Esse conhecimento prévio é chamado, por David Ausubel, de subsunçor ou ideia - âncora, como diz Moreira, este aspecto já existente na estrutura cognitiva e que pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo, enfim um conhecimento específico, com, pelo menos, alguma clareza, estabilidade e diferenciação é o que se chama de subsunçor (MOREIRA, 2009b, p. 32)

Por exemplo no estudo dos gases em Termodinâmica, fica muito mais fácil explicar o conceito de trabalho realizado por um gás para o aluno que sabe o conceito de trabalho mecânico realizado por uma força do que para quem está vendo o conceito de trabalho pela primeira vez. Ter o conhecimento de trabalho mecânico serve de subsunçor para o novo conteúdo e o aluno pode, facilmente, relacionar a força usada no trabalho mecânico com a pressão exercida pelo gás no trabalho termodinâmico.

Conforme as palavras do próprio Ausubel (1978, p. iv), suas ideias mais importantes propostas podem ser resumidas da seguinte forma: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia

educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influência a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo”. Sabemos igualmente que a aprendizagem significativa é progressiva, quer dizer, os significados vão sendo captados e internalizados progressivamente e nesse processo a linguagem e a interação pessoal são muito importantes. (MOREIRA, CABALLERO y RODRÍGUEZ PALMERO, 2004).

Segundo a teoria de Ausubel, na aprendizagem significativa há três vantagens essenciais à aprendizagem mecânica. Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizer de outra maneira. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa onde se implica, como um processo central, a interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conteúdo de aprendizagem. Essa interação traduz-se em um processo de modificação mútua tanto da estrutura cognitiva inicial como do conteúdo que é preciso aprender, constituindo o núcleo da aprendizagem significativa, o que é crucial para entender as propriedades e a potencialidade.

Nesse trabalho veremos, de forma resumida, alguns aspectos importantes sobre a aprendizagem significativa de David Ausubel, como: os tipos de aprendizagem significativa, as formas de aprendizagem significativa e os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Tipos de aprendizagem significativa

Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: *representacional*, *de conceitos* e *proposicional*.

A aprendizagem *representacional* é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras) como por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos, e nomear objetos.

A aprendizagem *de conceitos* é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos particulares, porém, diferencia-se da representacional por não se tratar apenas de nomear; na aprendizagem conceitual o aprendiz

percebe regularidades em objetos ou eventos, esses possuem atributos substanciais comuns, e podem ser representados pelos mesmos símbolos. trata-se de uma extensão da representacional, com um nível mais abrangente.

A aprendizagem *proposicional*, diferente da aprendizagem representacional, a tarefa é aprender o significado de ideias em forma de proposição. Promover uma compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos. Por exemplo o entendimento sobre algum aspecto social.

Formas de aprendizagem significativa

Pode-se, também, distinguir três formas de aprendizagem significativa: por **subordinação**, por **superordenação** e **combinatória**.

Aprendizagem por **subordinação** ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e ocupa uma posição de subordinação em relação a estrutura cognitiva já existente. Como exemplo temos o estudo de escalas termométricas, o aprendiz, ao receber essa nova informação, irá relaciona-la com o conceito de temperatura, já existente, após essa interação a nova informação adquire significado e se dispõe, na estrutura cognitiva, de forma subordinada ao conceito de temperatura.

Aprendizagem por **superordenação** ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e provoca uma reordenação na estrutura cognitiva já existente, o novo conhecimento passa a subordinar aquele que lhe serviu como âncora. Podemos citar, em Mecânica, no estudo da Segunda Lei de Newton, o aprendiz recebe a informação de que a força resultante, diferente de zero, provoca uma *aceleração* no corpo. Essa nova informação ao adquirir significado provoca uma reordenação na estrutura cognitiva preexistente, o conceito aceleração, que serviu de subsunçor, torna-se subordinado ao conceito força resultante.

Aprendizagem *combinatória* ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e não subordina nem é subordinada pela estrutura cognitiva já existente. A nova informação se relaciona de forma geral com a estrutura já existente. O exemplo do trabalho termodinâmico se adequa nessa forma de aprendizagem, vimos que para dar significado ao trabalho termodinâmico, o aluno pode usar, como subsunçor, o conceito de trabalho mecânico. Quando o aluno assimila a nova informação, trabalho termodinâmico, a mesma não subordina e não é subordinada pela estrutura cognitiva preexistente.

Os tipos e formas de aprendizagem, descrita por Ausubel, são compatíveis. A aprendizagem de conceitos, por exemplo, pode ocorrer por subordinação, por superordenação ou por combinação.

Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Para Ausubel, a estrutura cognitiva é uma estrutura formada por conceitos inter-relacionados organizados numa estrutura hierárquica e dinâmica, dessa forma a nova informação, para ter significado, deve se relacionar com a estrutura existente. Quando o novo conceito adquire significado por subordinação, o subsunçor apresenta novo significado, tornando-se mais rico. Quando o processo se repete para um mesmo subsunçor ocorre a diferenciação progressiva do conceito preexistente (subsunçor).

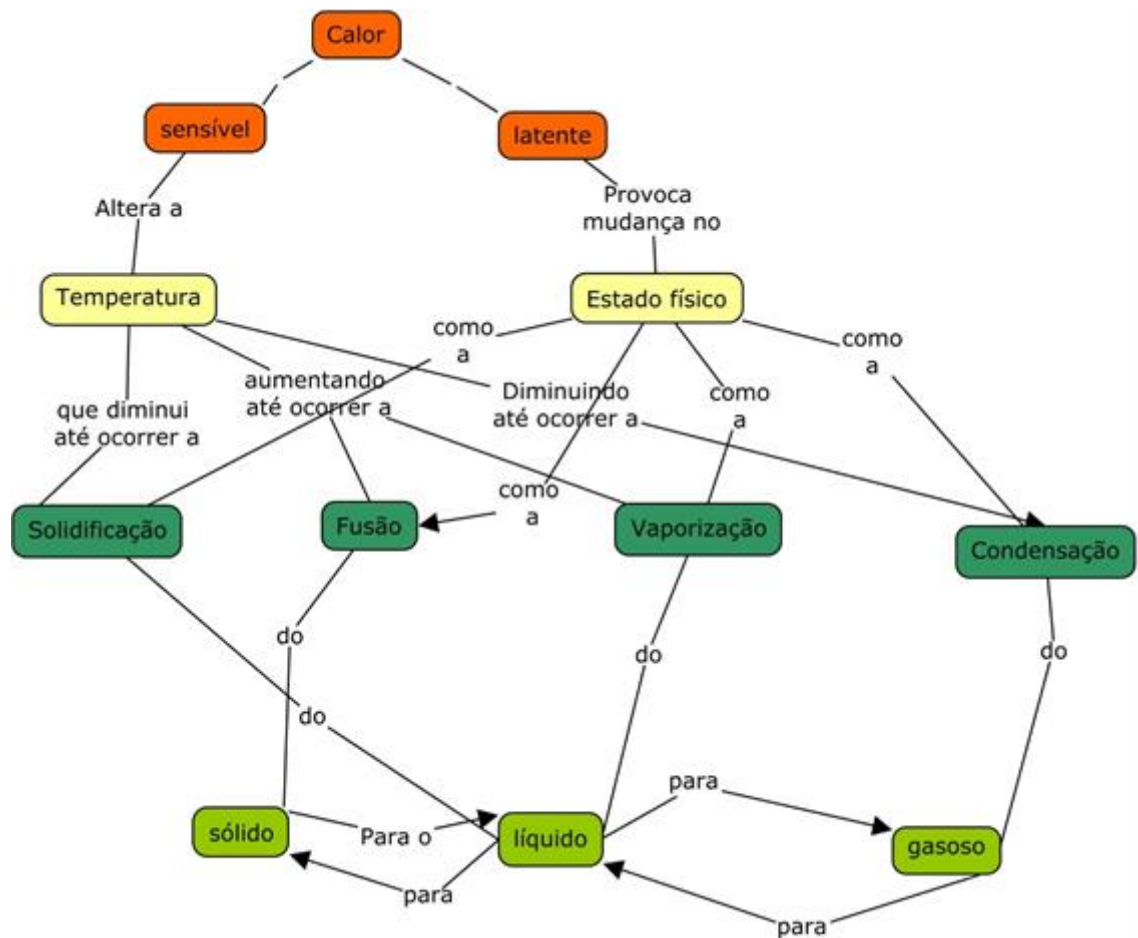
A reconciliação integradora ocorre nas outras formas de aprendizagem significativa (superordenação e combinação). Conceitos já assimilados na estrutura cognitiva podem se relacionar e se reorganizar, a medida que novas informações ganham significado. Segundo Ausubel, a recombinação dos conceitos que já faziam parte a estrutura cognitiva é chamada de reconciliação integradora.

Os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora ocorrem em conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (2010) uma forma de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora é através dos “mapas conceituais”.

3.2 Mapas conceituais

Os mapas conceituais, propostos por Joseph Novak, são diagramas que indicam relações entre conceitos, essas relações são chamadas de proposições, na qual dois conceitos são “ligados” por uma palavra de ligação formando uma estrutura de proposição. Importante destacar, que os mapas conceituais são esquemas ou representações gráficas hierárquicas que ilustram as relações entre conceitos, seguindo uma estrutura de pirâmide, onde o conceito mais importante, e abrangente, deve estar no topo do mapa, os conceitos menos inclusivos, mais específicos, ficam nas camadas inferiores. Na **figura 7** temos um modelo de mapa conceitual do calor.

Figura 7 – Mapa conceitual sobre o calor



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

As estruturas de proposição são formadas por dois ou mais conceitos ligados por uma palavra ou frases formando uma unidade semântica, um exemplo pode ser visto na **figura 8**,

Figura 8 – Estrutura de proposição.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

onde os conceitos **Calor sensível** e **Temperatura** relacionados pela frase se ligam dando origem a uma estrutura semântica.

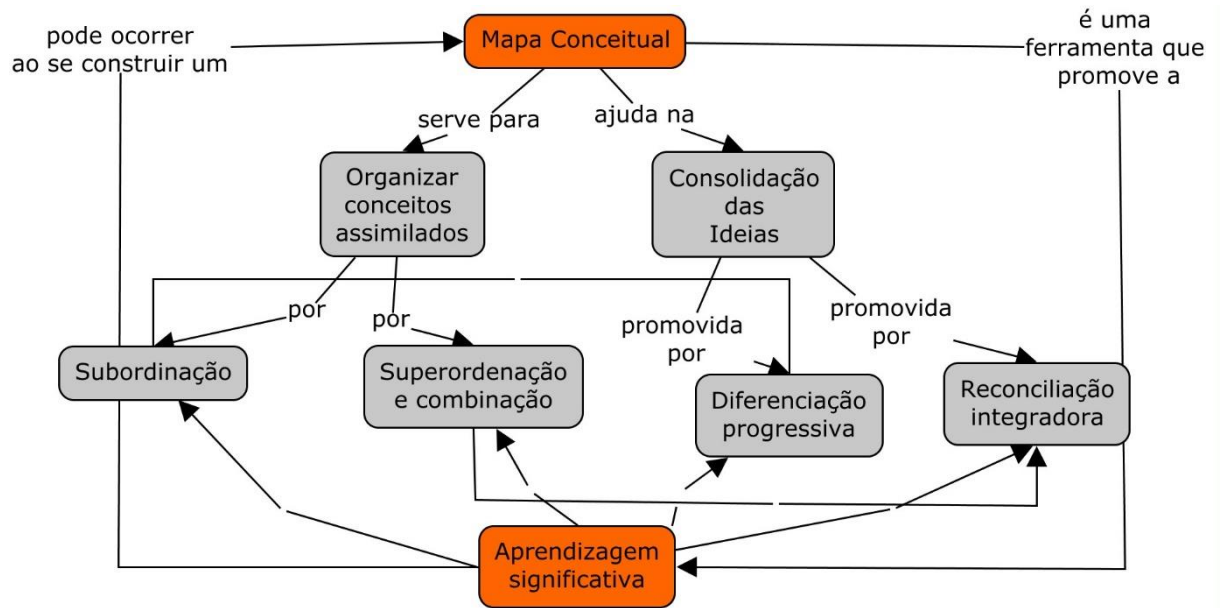
O mapa conceitual está fundamentado na teoria cognitiva de aprendizagem significativa de David Ausubel e tem um amplo poder de aplicabilidade.

Segundo o professor Marco Antônio Moreira, mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (MOREIRA, 2012)

Por se tratar de uma ferramenta criada a partir da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, o mapa conceitual de determinado tema não deve ter um modelo correto, e sim modelos corretos pois a relação entre os conceitos é dinâmica, assim, cada indivíduo tem uma estrutura cognitiva diferente do tema abordado, dessa forma os mapas conceituais produzidos pelos aprendizes diferem entre si. A própria estrutura piramidal, dos mapas conceituais, pode ser modificada e mesmo assim o mapa pode estar correto, o mais importante é a forma como o indivíduo relaciona os conceitos.

Na figura 9 apresentamos um mapa conceitual que representa a usabilidade do Mapa Conceitual no processo de aprendizagem significativa. Já citamos que os mapas conceituais servem para organizar conceitos de forma gráfica e hierárquica. Para um mapa conceitual, o aprendiz deve relacionar os conceitos entre si, para montar as estruturas de proposição que foram formadas, no cognitivo do indivíduo, por relações de subordinação, superordenação e combinação de conceitos; durante a organização dos conceitos o aprendiz consolida ideias através dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que estão relacionados com as formas de aprendizagem significativa.

Figura 9 – Mapa conceitual sobre utilização da ferramenta Mapa Conceitual na aprendizagem significativa.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020

O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação (MOREIRA E BUCHWEITZ, 1993).

Para esse trabalho, os mapas conceituais serão usados como uma das ferramentas para avaliar o aprendizado dos alunos. É importante destacar que, se os alunos ainda não conhecem essa ferramenta, cabe ao professor destinar uma parte da sua sequência didática para ensinar os alunos a elaborarem seus próprios mapas conceituais.

3.3 Sequência Didática para o ensino de Ciências

A sequência didática é um conjunto de atividades encadeado de passos e etapas ligadas entre si para tornar mais eficiente o processo de aprendizado. Antes dessa organização, Zabala (1998, p. 21) afirma que é necessário ter em mente duas perguntas chave: “Para que educar? Para que ensinar?”, denominadas pelo autor como perguntas capitais que justificam a prática educativa. Esse seria o ponto de partida para a organização do trabalho pedagógico de maneira reflexiva. Sequência didática é definida por esse autor como:

“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.” (Zabala, 1998, p. 18. grifos do autor).

Oliveira (2013, p. 39) define sequência didática como:

um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino-aprendizagem.

A autora apresenta como passos básicos da sequência didática: Escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para problematização do assunto a ser trabalhado; planejamento dos conteúdos; objetivos a serem atingidos no processo de ensino-aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a formação de grupos, material didático, cronograma, integração entre cada atividade e etapas, e avaliação dos resultados (Oliveira, 2013, p. 40).

Ainda se tratando de sequência didática, o professor Marco Antônio Moreira desenvolveu uma sequência didática voltada para o ensino de ciências e a denominou como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Segundo Moreira (2011) são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem fornecer subsídios didáticos para o professor pesquisador em ensino de Ciências.

Para o desenvolvimento dessas UEPS, Moreira (2011) elenca alguns princípios desenvolvidos por teóricos da educação, esses princípios estão na figura 10 que é uma Quadro onde se organiza de forma ordenada os 16 princípios escolhidos por Moreira, vale ressaltar que a posição ocupada por um determinado princípio, na Quadro 2, não representa, necessariamente o seu nível de importância.

Quadro 2 – Princípios para o desenvolvimento das UEPS

Posição ordinal	Princípio
1º	O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel)
2º	Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak)
3º	É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin)
4º	Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios
5º	São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa

6º	Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios
7º	As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud)
8º	Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird)
9º	A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel)
10º	A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
11º	O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin)
12º	A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin)
13º	Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin)
14º	Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo
15º	A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira)
16º	A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira)

Fonte: Autor, 2020

Para Moreira (2011), as UEPS devem seguir oito passos:

- Definir o tópico específico a ser abordado;
- Criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio;
- Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno;
- Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido;

- Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes , do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação , porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação;
- 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;
- 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;
- 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).

As propostas de organização de trabalho pedagógico através de sequências didáticas se prova muito interessante para o docente pois permitirá ao educador visualizar o conhecimento inicial do aluno, seu desempenho e perceber o que ainda necessita ser trabalhado para que se concretize a aprendizagem. Depende do educador se apropriar das propostas de sequência didática, embora, sejam complexas principalmente no que se refere ao trabalho com ciências naturais.

4 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 Descrição da sequência didática

A sequência didática usada nesta pesquisa é um conjunto de 06 (seis) encontros interligados ao tema Máquinas Térmicas. A escolha do tema está relacionada a importância do mesmo para o desenvolvimento tecnológico e social da humanidade.

Sabemos que a Termodinâmica tem conceitos abstratos e a compreensão desses conceitos é difícil para muitos alunos, pensando em um modo de aproximar o educando a esses conceitos de uma forma mais palpável elaboramos a estratégia de apresentar conceitos da Termodinâmica a partir do funcionamento das Máquinas Térmicas.

Apresentamos, a seguir, a estrutura de cada encontro bem como as atividades envolvidas.

Encontro 01

A **Quadro 3**, apresenta o detalhamento do primeiro encontro.

Quadro 3 - detalhamento do primeiro encontro

TEMA: APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Compreender a proposta apresentada pelo professor
•	Compreender os critérios de avaliação durante os encontros
•	Concordar com regras estabelecidas para o bom desenvolvimento das atividades
•	Construir o primeiro mapa conceitual
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor iniciará a aula fazendo uma apresentação, em slides, da sequência didática. Nesse momento é importante que o discente explique de forma clara como serão os encontros seguintes e como será a avaliação desses encontros
•	Após a apresentação da sequência didática, o professor ensinará os alunos a produzirem um mapa conceitual. Para isso, o professor deve utilizar um texto de sua escolha, e seguir as etapas, apresentadas, no item “produção de mapa conceitual”.

- Após a confecção do mapa conceitual o professor deve recolher a produção. Quando for corrigir os mapas é importante identificar as proposições inválidas

Fonte: Autor 2020

Para a produção do primeiro mapa conceitual foi escolhido parte de um texto sobre Calor disponibilizado no *website* “Toda Matéria”, o site traz conteúdos de todas as disciplinas do currículo do ensino básico. O texto usado no primeiro encontro pode ser consultado no apêndice B

Encontro 02

A **Quadro 4**, apresenta o detalhamento do segundo encontro.

Quadro 4 - Detalhamento do segundo encontro

TEMA: MÁQUINA A VAPOR E SUA IMPORTÂNCIA HISTÓRICA	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Identificar uma máquina térmica
•	Entender sua funcionalidade
•	Compreender a importância das máquinas térmicas para o desenvolvimento da humanidade
•	Esclarecer dúvidas quanto a produção de mapas conceituais
•	Responder a atividade 2
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula com a música “ de Teresina a São Luís ” de João do Vale , após a apresentação da música o docente deve questionar os alunos se eles identificaram, na letra da música, algo relacionado ao tema da aula, a partir das respostas o professor deve mediar um breve debate. (10 min).
•	Após o breve debate, o professor deve retomar a atividade do último encontro, para isso, com o auxílio do Datashow, deve apresentar um modelo de mapa construído por ele, entregar os mapas dos alunos, corrigidos, e debater sobre os principais erros encontrados (10 min).
•	Ainda com o auxílio do Datashow, o professor deve fazer uma apresentação onde explica o princípio de funcionamento de uma Máquina Térmica e a importância histórica para o desenvolvimento da humanidade, dando ênfase no desenvolvimento regional. (20 min)
•	Após a apresentação o professor deve entregar aos alunos a atividade 2 e solicitar que os mesmos a respondam. (10 min)

Fonte: Autor, 2020

A escolha da música “de Teresina a São Luís” de João do Vale tem relevância no trabalho pois retrata uma viagem a bordo de uma locomotiva que percorria a ferrovia São Luís – Teresina, esta ferrovia foi muito importante para o desenvolvimento da região. Apresentamos, no apêndice B a letra da música de João do Vale.

A atividade 2, trata-se de questões relacionadas ao texto científico “Da evolução à inteligência artificial das máquinas” do professor Dr. Antônio José Silva Oliveira publicado no jornal “O Estado” no dia 27 de dezembro de 2018, no Maranhão. Apresentamos a atividade no apêndice C.

Encontro 03

A **Quadro 5**, apresenta o detalhamento do encontro três.

Quadro 5 - Detalhamento do terceiro encontro

TEMA: Leis da Termodinâmica e rendimento das Máquinas Térmicas	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Entender o conceito de energia interna
•	Compreender a primeira lei da termodinâmica
•	Entender a segunda lei da termodinâmica
•	Aprender a calcular o rendimento de uma Máquina Térmica
•	Responder a atividade 3 e a atividade 4
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula fazendo uma apresentação, com auxílio do Datashow, sobre as leis da Termodinâmica. É importante que o professor relacione esses conceitos com as máquinas térmicas;
•	Em seguida introduzirá o conceito de rendimento de uma Máquina Térmica, e o rendimento ideal. Para a melhor compreensão o docente deve demonstrar como se calcula o rendimento dessas máquinas através de exercícios.
•	Por fim, o professor deve entregar aos alunos as atividades do encontro. A atividade 3 é uma lista de exercício de três questões sobre rendimento, e a atividade 4 é a produção do segundo mapa conceitual.

Fonte: Autor, 2020

A atividade 3 tem o objetivo de identificar se o discente sabe manusear as fórmulas para o cálculo do rendimento. No apêndice C, apresentamos a atividade 3.

O segundo Mapa Conceitual, atividade 4, tem por objetivo resgatar conceitos associados ao Calor. Para desenvolver essa atividade o professor apresenta uma lista com palavras chaves (conceitos) e o aluno tem que construir o mapa com essas palavras. É permitido que o aluno faça pesquisa sobre os conceitos. É permitido, também, que o aluno insira no Mapa conceitos que não estão na lista. Apresentamos, no apêndice C, a atividade 4.

Encontro 04

A **Quadro 6**, apresenta o detalhamento do quarto encontro.

Quadro 6 - Detalhamento do quarto encontro

TEMA: Máquinas térmicas e a eletricidade	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Entender o funcionamento de um motor quatro tempos
•	Entender o funcionamento de uma termoeletrica
•	Entender o significado das bandeiras vermelha, amarela e verde na conta de energia.
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula retomando o encontro anterior e fazer um feedback das atividades, em seguida deve levantar algumas perguntas para motivar os alunos a participarem. Ex: Como funciona o motor de um carro? Por que quando a gasolina acaba, o motor para de funcionar? Como uma usina termoeletrica transforma calor em energia elétrica?
•	Depois das questões provocadoras, o professor deve reproduzir uma animação do motor funcionando. E para explicar, deve exibir uma imagem com os quatros tempos do motor (admissão, compressão, explosão e exaustão);
•	Após a explicação do funcionamento do motor quatro tempos, o professor deve iniciar a explicação das usinas termoeletricas;
•	O professor deve reproduzir um vídeo curto sobre o funcionamento das termoeletricas.
•	Por último o professor deve relacionar o uso das termoeletricas com a cor das bandeiras tarifárias para o consumo de energia
•	Ao final da aula, o professor deve organizar os grupos para o próximo encontro e orientar os alunos sobre a atividade experimental.

Os vídeos apresentados estão hospedados na plataforma de compartilhamento de vídeos *YouTube*. Apresentamos, a seguir, os links para acesso.

Como funciona o motor 4 tempos? Animação

<https://www.youtube.com/watch?v=V9GjzQQCDa0&t=230s>.

Grupo EBX: usina termelétrica de Itaquí.

<https://www.youtube.com/watch?v=BhwV24lmhTA&t=16s>

Encontro 05

A **Quadro 7**, apresenta o detalhamento do quinto encontro.

Quadro 7 - Detalhamento do quinto encontro

TEMA: Experimento
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS
• Construir uma usina térmica • Relacionar os componentes da usina com componentes de uma máquina a vapor • Entender o funcionamento da usina
ESTRUTURA DA AULA
O professor irá iniciar explicando como vai ser a dinâmica da aula aos alunos, com o intuito de manter eles menos agitados. Deverá explicar a atividade 5 e entregar a mesma aos alunos.
Deve explicar, também, que durante a aula prática uma equipe não pode atrapalhar a outra, as equipes só iniciarão o trabalho após o aval do professor e que deverão seguir a risca o roteiro e as orientações do professor.
O professor irá distribuir o roteiro da experiência e os alunos irão começar a montagem, cada grupo será subdividido em 2 equipes, uma ficará responsável pela construção da caldeira e da base para a mesma, a outra ficará responsável pela confecção da turbina.
Faltando 10 minutos para encerrar a aula o professor deve interromper a atividade, reorganizar a sala e pedir para as equipes continuarem com o construção do projeto em casa.

Fonte: Autor, 2020

A produção do último mapa conceitual foi uma atividade para casa. O objetivo dessa atividade é que o jovem pesquise sobre o tema (máquinas térmicas) e tente fazer um mapa mais estruturado. Para desenvolver essa atividade o professor apresenta uma lista com palavras chaves (conceitos) e o aluno tem que construir o mapa com essas palavras. É permitido que o

aluno faça pesquisa sobre os conceitos. É permitido, também, que o aluno insira no Mapa conceitos que não estão na lista. Apresentamos a atividade 5 no apêndice C.

O experimento escolhido para esse encontro foi a “Usina Térmica”. Trata-se de um experimento muito didático e com um grau intermediário de montagem. Durante a montagem, é importante que os alunos sigam o roteiro. O professor deve realizar o experimento previamente para identificar as dificuldades e ajudar os alunos durante a montagem. Apresentamos, no apêndice D, o roteiro da experiência da atividade 6

Encontro 06

A **Quadro 8**, apresenta o detalhamento do sexto encontro.

Quadro 8 - Detalhamento do sexto encontro

TEMA: Avaliação final da sequência didática
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS
• Responder as perguntas do questionário elaborado pelo professor • Entregar o mapa conceitual 03
ESTRUTURA DA AULA
• O professor deve iniciar a aula solicitando a entrega do Mapa Conceitual 03 • Em seguida o professor deve fazer uma breve revisão do que foi visto na sequência didática. • Em seguida aplicará a última atividade. Trata-se de um questionário com perguntas abertas voltadas para a aula experimental.

Fonte: Autor, 2020

Com o questionário de perguntas abertas o professor pode avaliar se o aluno está relacionando de forma correta os conceitos. A seguir apresento o modelo de questionário.

4.2 Ambiente de pesquisa

O produto educacional foi desenvolvido e aplicado na escola C. E. Humberto de Campos, localizada no bairro de Fátima, na região metropolitana da capital São Luís do

Maranhão, escola onde o professor/pesquisador está lotado. A proposta didática aborda um conteúdo do segundo ano do ensino médio, por tanto, escolhemos uma turma desta série. A turma selecionada foi a MRM200, do turno matutino. Essa turma tem um total de 30 alunos, dos quais 10 são do sexo masculino e 20 do sexo feminino.

A escola tem uma estrutura razoável, possui 08 (oito) salas de aula e funciona nos turnos matutino com 07 turmas e vespertino com 06 (seis) turmas. Todas as salas de aulas são climatizadas, a escola tem rampas para a acessibilidade e banheiro PCD, tem um laboratório de informática desativado e uma quadra de esportes, aberta, deteriorada. A biblioteca tem um bom acervo de livros, a escola conta com um auditório para 80 pessoas, refeitório e área comum.

A sequência didática proposta foi desenvolvida num período de 6 encontros, de 1 aula de 50 min cada, e aborda o tema máquinas térmicas de uma forma mais atrativa. Cada encontro foi elaborado em conformidade com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Foi utilizado como ferramenta educacional, nos encontros, vídeos, áudios, textos, questionários abertos e fechados, experiência e mapas conceituais.

4.3 Metodologia de aplicação

Nessa sessão descrevemos os métodos usados durante a aplicação da SD, a sessão está separada em encontros para facilitar a compreensão do leitor uma vez que cada encontro apresenta uma gama de métodos de ensino específicos para aquele momento. No total, foram seis encontros presenciais com alunos do 2º ano do ensino médio.

A Quadro 9 traz o período de aplicação da sequência didática, e lista os temas abordados em cada encontro, dessa forma é possível ter uma visão geral do que foi abordado ao longo da aplicação, a seguir vamos apresentamos a metodologia de aplicação da SD de forma detalhada.

Quadro 94 – Estrutura simplificada da sequência didática

Sequência didática	
Disciplina	Física
Período	30/05/2019 à 27/06/2019
Nº de encontros	06 encontros
Tema gerador	Máquinas térmicas
Subtema	Máquinas a vapor
Encontro 01	Apresentação da proposta
Encontro 02	Máquina a vapor e sua importância histórica
Encontro 03	Leis da termodinâmica e rendimento das máquinas térmicas
Encontro 04	Máquinas térmicas e a eletricidade
Encontro 05	Experimento
Encontro 06	Avaliação final

Fonte: Autor, 2018

Primeiro encontro

O primeiro encontro ocorreu no dia 30 de maio de 2019, iniciamos o encontro fazendo uma apresentação da proposta metodológica, para isso foi utilizado o Data Show da escola, dessa forma, através de slides, foi explicado aos discentes o que é uma sequência didática, a forma como os mesmos seriam avaliados, o que seria feito em cada encontro, o que são mapas conceituais e como elaborar esses mapas. Logo de início houve empolgação dos alunos, principalmente quando foi explicado a forma de como seriam avaliados (o fato deles pontuarem apenas por estar presente e fazer as atividades, mesmo que a produção esteja incorreta, trouxe-lhes alegria), que logo cessou quando os mesmos tiveram que fazer a primeira produção.

Após esclarecer a importância e a abrangência da ferramenta Mapa Conceitual, e como se constrói o mesmo, iniciamos a primeira atividade prática, trata-se da confecção de um Mapa Conceitual. Segundo Novak (1984, p. 48), uma forma de elaborar mapas conceituais com os alunos está detalhada na **Quadro 10**.

Quadro 10 – Estratégias para a introdução dos mapas conceituais

Estratégias para a introdução dos mapas conceituais desde o grau sete do ensino básico até ao nível universitário.

A. Actividades prévias para preparar a elaboração dos mapas conceituais

1. Prepare duas listas de palavras conhecidas: uma de nomes de objectos e outra de designações de acontecimentos. Por exemplo, os nomes de objectos poderão ser carro, cão, cadeira, árvore, nuvem, livro; e as designações de acontecimentos poderão ser chuva, brincadeira, lavagem, pensamento, trovão, festa de anos. Pergunte aos alunos se eles conseguem explicar quais são as diferenças que existem entre as duas listas.
2. Peça aos alunos que descrevam em que é que pensam quando ouvem a palavra carro, cão, etc. Faça com que eles se apercebam que embora usemos as mesmas palavras, cada um de nós pode pensar em algo um pouco diferente. Estas imagens mentais que associamos às palavras são os nossos *conceitos*; introduza a palavra conceito.
3. Repita as actividades do ponto 2, utilizando agora palavras que designam acontecimentos. Mais uma vez, realce as diferenças nas nossas imagens mentais ou conceitos, referentes aos acontecimentos. Neste ponto, pode sugerir que uma das razões porque temos muitas vezes dificuldades em nos entendermos é o facto de os nossos conceitos não serem idênticos, embora conheçamos as mesmas palavras. As palavras são simples rótulos para os conceitos, mas cada um de nós tem de adquirir o seu próprio significado para as palavras.
4. Agora liste palavras tais como são, onde, o, é, então, com. Pergunte aos alunos que imagens se formam nas suas mentes ao ouvirem cada uma destas palavras. Estas não traduzem conceitos; chamamo-lhes palavras de ligação e usamo-las no discurso oral e escrito. As palavras de *ligação* utilizam-se, juntamente com os conceitos, para construir expressões que têm significado.

5. Os nomes próprios não são conceitos mas sim nomes de pessoas, acontecimentos, lugares ou objectos específicos. Utilize alguns exemplos e ajude os alunos a perceber a distinção entre as palavras que traduzem as *regularidades* dos acontecimentos ou objectos e as que designam acontecimentos ou objectos específicos (são os nomes próprios).

6. Construa no quadro algumas frases curtas utilizando dois conceitos e palavras de ligação, de modo a ilustrar como é que os seres humanos utilizam os conceitos e as palavras de ligação para transmitir algum significado. Por exemplo: “O cão corre” ou, “Há nuvens e trovões”.

7. Peça aos alunos que construam algumas frases curtas da sua autoria, que identifiquem as palavras de ligação e os conceitos e digam se estes se referem a objectos ou acontecimentos.

8. Se tiver na turma estudantes bilingues, peça-lhes que mencionem algumas palavras estrangeiras que correspondam aos mesmos acontecimentos ou objectos. Ajude os alunos a perceberem que não é a linguagem que faz os conceitos. As palavras servem apenas como rótulos que usamos para referenciar os conceitos. Se aprendermos as palavras mas não as regularidades nos objectos ou acontecimentos que essas palavras representam, não aprenderemos conceitos novos.

9. Introduza algumas palavras pequenas mas que não sejam familiares à turma, tais como crítico ou conciso. Estas são palavras que designam conceitos que eles já conhecem, mas têm um significado de algum modo especial. Ajude os alunos a perceberem que os conceitos não são rígidos e fixos, mas podem desenvolver-se e mudar à medida que vamos aprendendo.

10. Escolha uma secção de um livro de texto (uma página é suficiente) e tire fotocópias para distribuir pelos alunos. Escolha uma passagem que transmita uma mensagem concreta e peça aos alunos que a leiam e identifiquem os conceitos chave. (Normalmente encontram-se 10 a 20 conceitos relevantes numa página de um livro de texto.) Além disso, diga aos alunos para anotarem os conceitos e as palavras de ligação que são menos importantes para se entender o sentido do texto.

B. Actividades de elaboração dos mapas conceptuais

1. Seleccione um ou dois parágrafos especialmente significativos de um livro de texto ou de qualquer outro tipo de material impresso e peça aos estudantes que o leiam e seleccionem os conceitos mais importantes, ou seja, os conceitos que são necessários para se entender o significado do texto. Depois de estes conceitos terem sido identificados, prepare com eles uma lista no quadro ou projecte-a com o retroprojector e discuta com os estudantes qual é o conceito mais importante, qual é a ideia mais inclusiva do texto.

2. Coloque o conceito mais inclusivo ao princípio de uma nova lista ordenada de conceitos e vá-lhe acrescentando os restantes conceitos da primeira lista até todos os conceitos terem sido ordenados, da maior à menor generalidade e inclusividade. Os estudantes não estarão sempre todos de acordo em relação à ordenação, mas geralmente produzir-se-ão poucas diferenças de opinião que sejam relevantes. Aliás, isto é positivo, porque sugere que há mais do que uma maneira de entender o significado de um texto.

3. Agora, comece a elaborar um mapa, utilizando como referência a lista ordenada. Incentive os alunos a ajudar, pedindo-lhes que sugiram palavras de ligação adequadas para formar as proposições que se mostram nas linhas do mapa. Uma forma de fazer com que eles pratiquem a elaboração de mapas é dizer a alguns estudantes para escreverem conceitos e palavras de ligação em rectângulos de papel e depois reordenarem estes rectângulos à medida que vão descobrindo novas formas de organizar o mapa.

4. Procure, a seguir, ligações cruzadas entre conceitos de uma secção do mapa e conceitos noutra parte da “árvore” de conceitos. Peça aos alunos que ajudem na escolha de palavras de ligação para as ligações cruzadas.
5. A maior parte dos primeiros mapas têm uma má simetria ou apresentam grupos de conceitos com uma localização deficiente em relação a outros conceitos ou grupos de conceitos com os quais estão intimamente relacionados. Há que refazer os mapas, se tal se entender como útil. Explique aos estudantes que, para se conseguir uma boa representação dos significados preposicionais, tal como eles os entendem, há que refazer o mapa pelo menos uma vez, e por vezes duas ou três.
6. Discuta o critério de classificação dos mapas conceptuais apresentado na Quadro 2.4. e classifique o mapa conceptual que foi construído. Realce possíveis mudanças estruturais que possam melhorar o significado, ou mesmo a pontuação, do mapa.
7. Peça aos estudantes para escolherem uma secção de texto ou outro material e repetirem sozinhos os passos 1-6 (ou em grupos de dois ou três).
8. Os mapas elaborados pelos estudantes podem ser apresentados à turma no quadro ou em acetatos. Peça aos estudantes que “leiam” os mapas que elaboraram para tornar claro aos seus colegas de turma qual é o tema do texto, segundo a sua interpretação.
9. Solicite aos estudantes que construam mapas conceptuais das ideias mais importantes dos seus passatempos favoritos, o desporto ou tudo aquilo que lhes interesse particularmente. Estes mapas podem ser colocados à turma, fomentando-se discussões informais sobre eles.
10. No próximo teste, inclua uma ou duas perguntas sobre mapas conceptuais, para deixar claro que tais mapas constituem um procedimento válido de avaliação que exige pensar atentamente e que pode revelar a compreensão da matéria.

Fonte: Autor, 2020

Como dispúnhamos de pouco tempo, não foi possível seguir todas as orientações de Novaack. Então procedemos da seguinte forma: Nas atividades prévias para preparar a elaboração dos mapas conceituais utilizamos os seis primeiros passos, o intuito foi fazer eles entenderem como os conceitos podem se relacionar e como formar uma estrutura de proposição. Essas etapas foram realizadas de forma dialética pelo professor. Em seguida usamos as etapas 1, 2 e 3 das atividades de elaboração dos mapas conceituais, a produção se deu da seguinte forma: foi exibido, no slide, um texto sobre calor, a escolha do tema para o texto foi proposital pois os alunos já haviam estudado esse conceito no bimestre anterior, dessa forma, já existia um conhecimento prévio sobre o assunto, após alguns minutos de leitura foi solicitado aos alunos que identificassem os conceitos mais importantes, esses conceitos foram anotados no quadro branco, em seguida, foi pedido a ajuda dos alunos para ordenar esses conceitos dos mais abrangentes para os menos abrangentes, por fim foi entregue aos discentes, uma folha com a atividade a ser desenvolvida, construir um mapa conceitual com os conceitos listados.

O professor, após a escolha do texto a ser trabalhado, deve elaborar uma lista base de conceitos e inserir na atividade a ser entregue, facilitando, dessa forma, o desenvolvimento da atividade por alunos que têm dificuldade em tirar nota do quadro, alunos com distúrbios visuais. Caso a lista elaborada pela turma seja um pouco diferente, basta o professor completar aquela que apresenta menos conceitos

Ao final do encontro, os mapas produzidos foram recolhidos e posteriormente, avaliados e devolvidos.

Segundo encontro

No dia 03 de junho, tivemos o segundo encontro. A aula iniciou ao som da música “de Teresina a São Luís” de João do Vale, foi tocada uma versão em Reggae gravada pela banda Tribo de Jah. Ao término da música foi perguntado aos alunos se eles a conheciam ou se a mesma os fazia lembrar de algo familiar. Após um breve debate a aula prosseguiu com o auxílio de slides projetados. De início foi feito o feedback da aula anterior, entrega dos mapas conceituais produzidos e já corrigidos, em seguida foi apresentado um modelo de mapa conceitual desenvolvido pelo professor, esse mapa foi usado como padrão para correção dos demais e a partir dele foi explicado, novamente, como se faz uma estrutura de proposição e como essas proposições podem ser interligadas.

Depois desse feedback, iniciou-se a segunda parte da apresentação onde foi explicado o que é uma máquina térmica e sua importância no desenvolvimento econômico e social. Nesse momento foi dada ênfase na ferrovia São Luís Teresina, que liga as duas capitais, oportunidade para o professor falar sobre um episódio importante na história do maranhão. No desenrolar desse tema alguns perceberam que a ferrovia em questão se tratava da mesma cantada nos versos de João do Vale, e perceberam, também, que o trem mencionado na música era uma locomotiva, uma máquina a vapor, essa ancoragem do assunto tratado com a música que deu início a aula despertou mais interesse na turma.

Por fim, foi entregue aos alunos uma atividade que continha um texto e duas questões abertas. O texto é um fragmento do artigo “Da evolução à inteligência artificial das máquinas” produzido pelo professor Dr. Antônio José Silva Oliveira e pelo professor Msc. Carlos Cesar Costa e publicado no jornal “O Estado” na data de 27 de dezembro de 2018.

Terceiro encontro

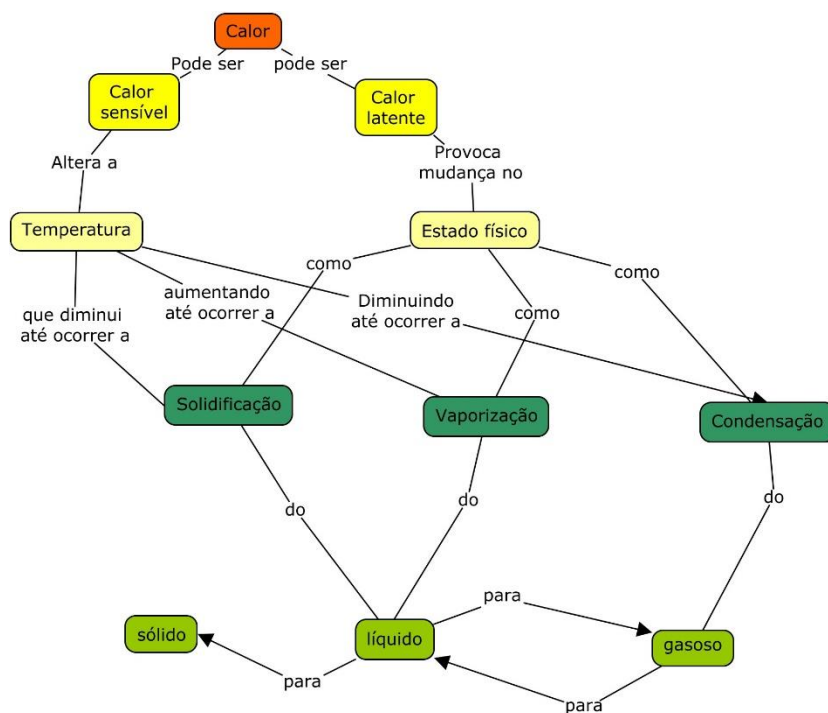
O terceiro encontro, que ocorreu no dia 06 de junho de 2019, teve uma aparência mais tradicional, nesse encontro foi explicado o conceito de energia interna, a primeira e a segunda lei da termodinâmica, o rendimento de uma máquina térmica e o rendimento de Carnot. Para isso, contamos com o auxílio do data show para fazer a apresentação por slides. Ao final da aula

foi feito duas atividades, a primeira tinha como objetivo calcular o rendimento de máquinas térmicas e na segunda atividade o aluno teve que construir o segundo mapa conceitual. As atividades foram projetadas no slide e os alunos desenvolveram as mesmas no caderno, ao final da aula os alunos entregaram as produções para o professor.

Quarto encontro

Iniciamos o quarto encontro, no dia 10 de junho de 2019, fazendo o feedback do encontro anterior. Foi entregue as atividades, dando uma atenção especial para o mapa conceitual. O professor projetou, pelo Datashow, o mapa de referência elaborado e iniciou uma discussão, breve, com os alunos, explicou como fazer ligações transversais e como ligar o conceito de um nível inferior com outro mais acima, apresentado na **figura 10** que o mapa elaborado pelo professor para ser tomado como referência.

Figura 10 – Mapa de referência para a correção do mapa 2.



Fonte: Autor, 2018

O segundo momento do encontro foi destinado para explicar como as coisas funcionam. O objetivo foi responder duas perguntas, como funciona o motor de um carro? E como funciona uma usina termoeletrica?

Após levantar esses questionamentos, foi explicado o funcionamento básico de um motor quatro tempos seguido da exibição do vídeo “Como funciona o motor 4 tempos? Animação”, o vídeo tem duração de 5min e 25seg mas a parte que interessa está no intervalo

de 3min e 10s a 5min e 25s, disponível no endereço; <https://www.youtube.com/watch?v=V9GjzQQCDa0&t=230s>. Em seguida foi explanado o funcionamento da termoeletrica, e qual a sua relevância nas tarifas de energia, seguido da exibição de um vídeo sobre a termoeletrica de Itaquí, nesse momento houve surpresa por parte dos alunos que não sabia da existência de uma termoeletrica na sua cidade. Após a exibição do vídeo foi reservado alguns minutos para debate. Surgiram dúvidas do tipo “por que os carros não funcionam com óleo Diesel?”, “se energia da termoeletrica é mais cara, por que não usamos só as hidroeletricas?”

O último momento da aula foi voltado para dar instruções aos alunos com relação ao próximo encontro pois nesse encontro será realizado uma experiência. Os alunos se dividiram em 5 (cinco) grupos de até 6 (seis) alunos e já ficaram cientes de como deveriam se comportar no próximo encontro, antes do encontro terminar, foi passado para um integrante de cada equipe, via aplicativo WhatsApp, um vídeo da montagem da experiência que seria realizada. Dessa forma os alunos já teriam uma noção do que fazer no encontro seguinte.

A avaliação desse encontro se deu de forma qualitativa a partir das discussões promovidas durante a aula.

Quinto encontro

O quinto encontro ocorreu no dia 24 de junho de 2019, sem dúvida esse era o encontro mais esperado pois se tratava de uma aula prática, confecção de uma experiência em sala de aula. A atividade experimental escolhida foi a “Usina Térmica”.

Primeiramente, os alunos foram organizados nos grupos formados no encontro anterior, em seguida foi entregue, para cada grupo, o roteiro da experiência. Os materiais usados na experiência foram entregues aos grupos de forma ordenada, um grupo por vez, dessa forma a organização na sala foi mantida.

Nesse trabalho identificamos os grupos como: **equipe A**, **equipe B**, **equipe C**, **equipe D**, e **equipe E**. Para montagem da experiência, foi solicitado às equipes que trouxessem dois materiais, uma tábua de madeira para servir de base para o experimento e uma latinha de refrigerante. O resto do material ficou sobre a responsabilidade do professor. Por precaução, o professor levou três tábuas e três latas de refrigerante além dos materiais que ficaram sobre sua responsabilidade.

No dia da experiência, apenas uma equipe trouxe os dois materiais, a tábua de madeira e a lata de refrigerante, três equipes trouxeram apenas a lata de refrigerante e uma equipe não trouxe nenhum dos materiais solicitado. Durante a montagem do experimento, os grupos, **equipe D** e **equipe E**, não tiveram êxito. A **equipe E** ficou sem a tábua de madeira para fixar

os pregos, como solução, improvisaram um papelão para servir de base, com isso a latinha (caldeira) não teve sustentação para ficar na posição adequada. A **equipe D**, por sua vez, fez um orifício muito grande na latinha, com isso a pressão interna (no interior da caldeira) não foi suficiente para expulsar o vapor d'água com a velocidade necessária para girar turbina.

Ao longo do encontro as outras equipes conseguiram concluir a experiência, foi muito gratificante ver a empolgação dos alunos quando o vapor colocava a turbina em movimento. Ao final da aula, foi dado aos alunos uma atividade para casa, a elaboração do último mapa conceitual para ser entregue no próximo encontro.

No decorrer da experiência os alunos se mostraram muito interessados e participaram ativamente da aula. Nesses momentos, é possível identificar o interesse de jovens, que em aulas tradicionais são apáticos. A seguir, temos algumas imagens desse encontro. As fotos foram tiradas no final da atividade, a essa altura os alunos já interagiam bastante com integrantes de outras equipes. A **figura 11** apresenta a máquina a vapor produzida pela **equipe A**, eles foram os primeiros a terminar a experiência.

Figura 11 – Equipe A, após o término da experiência.



Fonte: Autor, 2018

Na **figura 12**, temos a **equipe B**, com alguns integrantes de outras equipes. Nesta imagem é possível perceber que a turbina está em movimento.

Figura 12 – Equipe B, após o término da experiência.



Fonte: Autor, 2018

A **figura13** apresenta a **equipe C** com sua usina térmica em pleno funcionamento, essa equipe foi a segunda a completar a atividade.

Figura 13 – Equipe C, após o término da experiência.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Na **figura 14** temos a **equipe D**, essa equipe não trouxe a base de madeira para fixar os pregos. Como os pregos não ficaram firmes, eles não conseguiram apoiar a caldeira. a experiência dessa equipe não funcionou.

Figura 14 – Equipe D, após o término da experiência.



Fonte: Autor, 2018

Na **figura 15** temos a imagem de um integrante da equipe B confeccionando a turbina. Segundo os relatos dos alunos, esse componente da usina era umas das partes mais difíceis de confeccionar.

Figura 15 – Imagem de uma aluna montando a turbina que irá compor a usina.



Fonte: Autor, 2018

É importante ressaltar que esse encontro durou mais que uma aula. A montagem do experimento não é tão simples, e se o aluno, não seguir o roteiro é bem provável que ele monte de forma errada, e por ter algumas etapas demoradas como, por exemplo, adicionar água na caldeira, solicitei mais um horário, nesse dia fizemos a prática nos dois últimos horários.

Sexto encontro

No dia 27 de junho de 2019 realizamos o nosso último encontro, foi o penúltimo dia de aula do semestre. A programação para esse encontro era receber os mapas conceituais e aplicar a última atividade em sala, porém alguns alunos esqueceram de confeccionar o último mapa conceitual, situação compreensível pois como estávamos no final do semestre os alunos estavam sobrecarregados com trabalhos e provas de outras disciplinas, e outros fizeram plágio. O plágio de mapas conceituais é muito fácil de identificar pois cada indivíduo organiza suas estruturas de proposição de forma singular, pode ser que algumas proposições coincidam mas toda estrutura do mapa conceitual é bem difícil. Os mapas plagiados foram desconsiderados na análise de resultados.

Ao longo dos seis encontros, apenas no último tivemos, presentes, o total de alunos (30 alunos) da turma, esse fato pode ser atribuído a duas provas que ocorreram no mesmo dia, provas de Sociologia e História.

5 ANÁLISE DE RESPOSTAS

5.1 Mapas Conceituais

Os Mapas Conceituais confeccionados durante a sequência didática são frutos de atividades individuais, ao todo foram três atividades destinadas a produção de mapas conceituais, o que gerou um quantitativo significativo de mapas, tornando inviável a apresentação da análise individual dos mapas produzido.

Para facilitar a apresentação da análise dos mapas conceituais, as produções foram organizadas em três categorias, os critérios analisados para formar as categorias foram: estrutura hierárquica e relações entre conceitos.

A categoria I, denominada “mapas insatisfatórios”, apresenta produções com estrutura linear e relações equivocadas entre conceitos, os alunos desse grupo não entenderam como produzir um mapa conceitual e/ou não consolidaram uma aprendizagem significativa sobre o tema abordado na produção dos mapas.

A categoria II, representa os “mapas regulares”, nessa categoria os mapas apresentam estrutura hierárquica e piramidal, é possível discriminar os níveis de hierarquia, porém o aluno tem dificuldade em organizar os conceitos, nessa estrutura, e/ou faz relações erradas entre conceitos.

Na categoria III, estão os “mapas bons”, as produções apresentam estruturas com níveis de hierarquia bem definidos, os conceitos estão posicionados de forma “correta” e a maioria das relações são válidas. O aluno desse grupo entende como se produz um mapa conceitual e demonstra ter compreensão satisfatória sobre o tema abordado na produção.

Além da análise de grupos, apresentamos a análise individual dos mapas produzidos por 3 (três) alunos, foi escolhido um aluno de cada categoria e o critério adotado foi a assiduidade nas aulas durante o primeiro período do ano letivo. A escolha dos alunos foi feita após a confecção do primeiro mapa conceitual.

Avaliação dos mapas conceituais

Mapas conceituais são criações próprias, é muito difícil encontrar dois mapas idênticos, caso isso ocorra, é bem provável que estejamos diante de um plágio. Então como classificar e avaliar essa ferramenta? Na obra Aprender a aprender, Novak (1984, p. 52) apresenta cinco critérios para classificar os mapas produzidos pelos alunos,

Quadro 11 – Critério de classificação dos mapas conceituais segundo Novak (1984)

CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO	
1.	Proposições. A relação de significado entre dois conceitos é indicada pela linha que os une e pela(s) palavra(s) de ligação correspondentes? A relação é válida? Atribua um ponto por cada proposição válida e significativa que apareça. (Veja-se mais à frente o modelo de pontuação.)
2.	Hierarquia. O mapa revela uma hierarquia? Cada um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito por cima dele (do ponto de vista do contexto no qual se constrói o mapa conceptual)? Atribua 5 pontos por cada nível hierárquico válido.
3.	Ligações cruzadas. O mapa revela ligações significativas entre um segmento da hierarquia conceptual e outro segmento? Será que a relação que se mostra é significativa e válida? Atribua 10 pontos por cada relação cruzada que seja simultaneamente válida e significativa e 2 pontos por cada relação cruzada que seja válida mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. As ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e há que prestar uma atenção especial para as identificar e reconhecer. As ligações cruzadas criativas ou peculiares podem ser alvo de um reconhecimento especial ou receber uma pontuação adicional.
4.	Exemplos: Os acontecimentos ou objectos concretos que sejam exemplos válidos do que designam os termos conceptuais podem valer cada um 1 ponto. (Estes exemplos não se rodeiam com um círculo, uma vez que não são conceitos.)
5.	Pode-se construir e pontuar um mapa de referência para o material que se vai representar nos mapas conceptuais. Depois, dividem-se os pontos dos alunos pela pontuação obtida para esse mapa de referência, obtendo-se deste modo uma percentagem que serve de comparação. (Alguns alunos podem ter melhor classificação que o mapa de referência, recebendo assim uma pontuação superior a 100%.)

Fonte: Autor, 2018

A partir dos critérios apresentados por Novak, foi feito a avaliação dos mapas conceituais produzidos, porém, não foi atribuído pontos para cada critério, como sugere Novak, foi feito uma

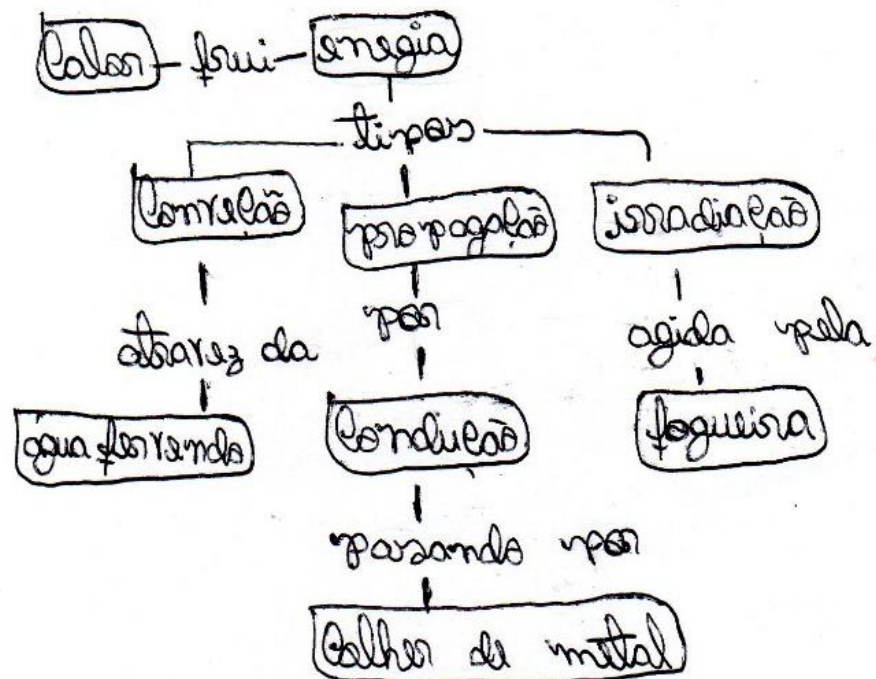
avaliação qualitativa, em cada mapa conceitual desenvolvido pelos alunos, tomando como referência os mapas produzidos pelo professor.

A “correção” do mapa, produzido num determinado encontro, foi feita pelo professor, num momento extraclasse, e entregue aos alunos no encontro seguinte. Após a entrega o professor apresentou o modelo de mapa conceitual, que foi tomado como referência, e promoveu um breve debate com os alunos para tirar dúvidas. É comum surgir perguntas do tipo “por que a relação que fiz está errada?”, a discussão proposta pelo professor após a entrega dos mapas tem o objetivo de sanar as dúvidas que os alunos têm quanto a elaboração do mapa conceitual e esclarecer que o mapa produzido pelo professor não é o mapa correto mais sim, um mapa correto. É importante eles perceberem essa diferença.

A seguir apresentamos como foi avaliado cada mapa conceitual desenvolvido pelos alunos, usaremos como exemplo, o mapa produzido por um aluno, vamos chamar esse aluno de **aluno D**. A **figura 16** mostra o mapa conceitual feito pelo **aluno D**. Já a **figura 17** mostra o mapa conceitual feito pelo professor e a **figura 18** apresenta o mapa conceitual do **aluno D** “corrigido”.

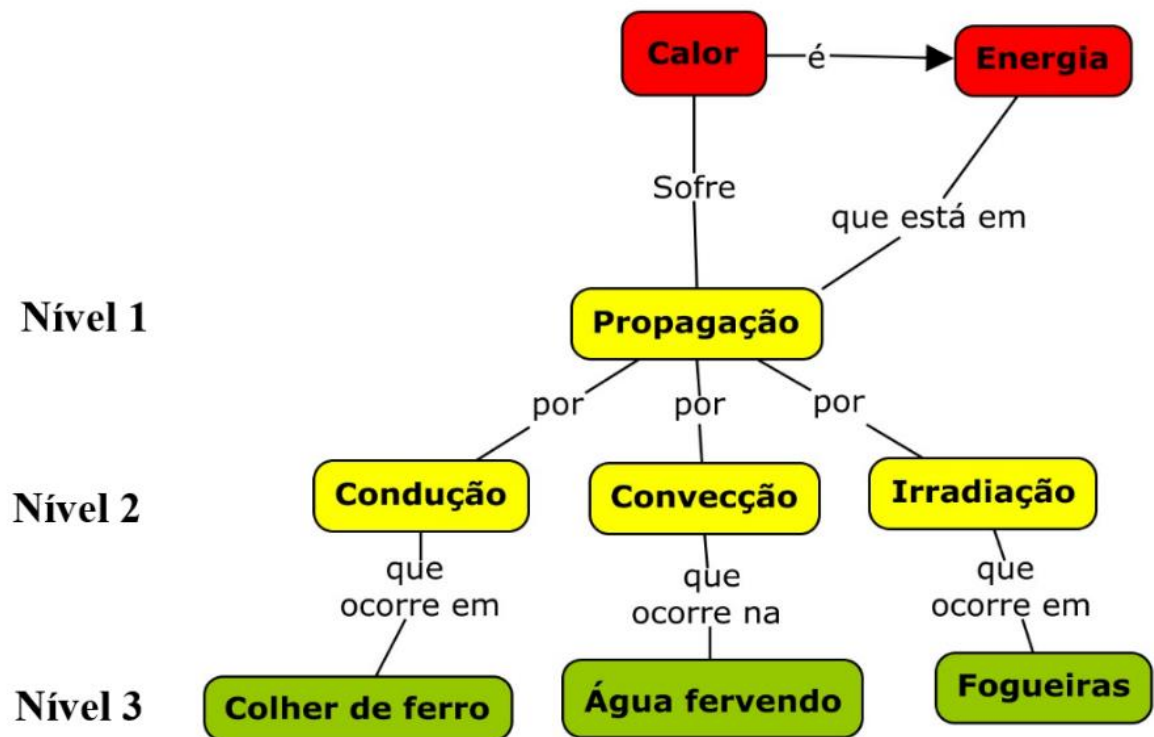
Figura 16 – Mapa 1 – produzido pelo aluno D

Faça um mapa conceitual com os seguintes conceitos: **Calor, propagação, energia, irradiação, Convecção, Condução, Água fervendo, Colher de metal, Fogueira**



Fonte: Autor, 2018

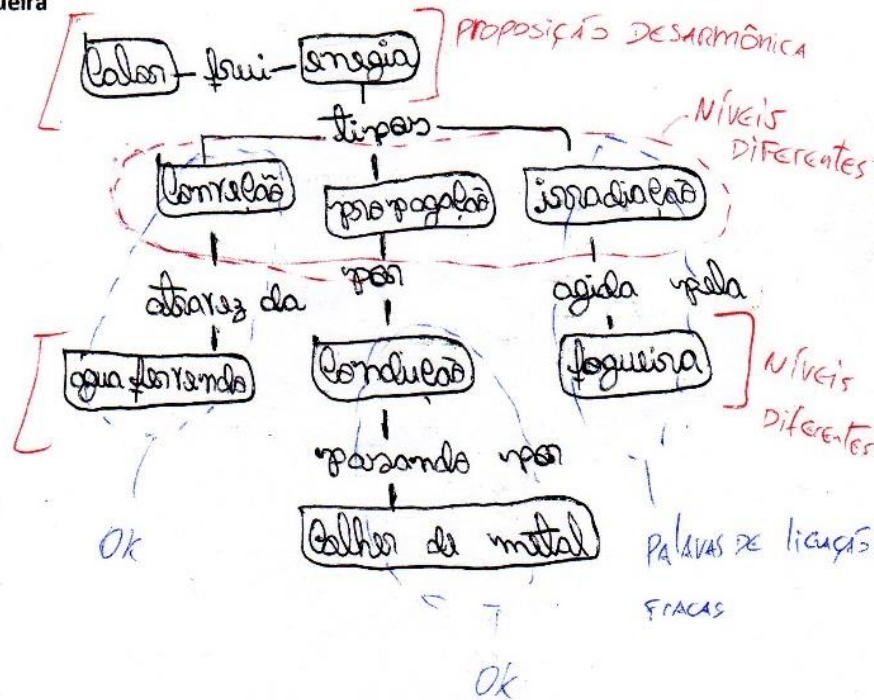
Figura 17 – Mapa de referência feito pelo professor



Fonte: Autor, 2018

Figura 18– Mapa 1 – produzido pelo aluno D, corrigido

Faça um mapa conceitual com os seguintes conceitos: **Calor, propagação, energia, irradiação, Convecção, Condução, Água fervendo, Colher de metal, Fogueira**



Fonte: Autor, 2018

Analisando o mapa conceitual do **aluno D** e comparando com o elaborado pelo professor, observamos que a produção do aluno apresenta a mesma quantidade de níveis (3 níveis) porém alguns conceitos estão em níveis hierárquicos errados. Como exemplo, os conceitos “convecção” e “irradiação” deveriam estar no mesmo nível do conceito “condução”, no segundo nível. Outro exemplo de incoerência está no topo do mapa, a palavra de ligação “flui” forma uma estrutura que indica que o calor está fluindo para a energia, por mais que o **aluno D** saiba que existe uma relação entre os dois conceitos, pois ligou um conceito ao outro, o mesmo ainda não consegue diferenciá-los. Analisando essa proposição, observa-se que esses conceitos ainda não passaram pelo processo de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Apesar de vários erros, o **aluno D** apresentou um mapa conceitual que se enquadra na categoria II, “mapas regulares”, pois o mapa apresenta hierarquia e proposições válidas, porém alguns conceitos estão em níveis errados e algumas relações não são válidas e outras não são significativas. Porém é possível notar, em cada segmento da estrutura, que os conceitos seguem uma relação de subordinação válida, temos, nesse caso, um resultado muito bom uma vez que estamos tratando da primeira produção do aluno.

Primeiro Mapa Conceitual

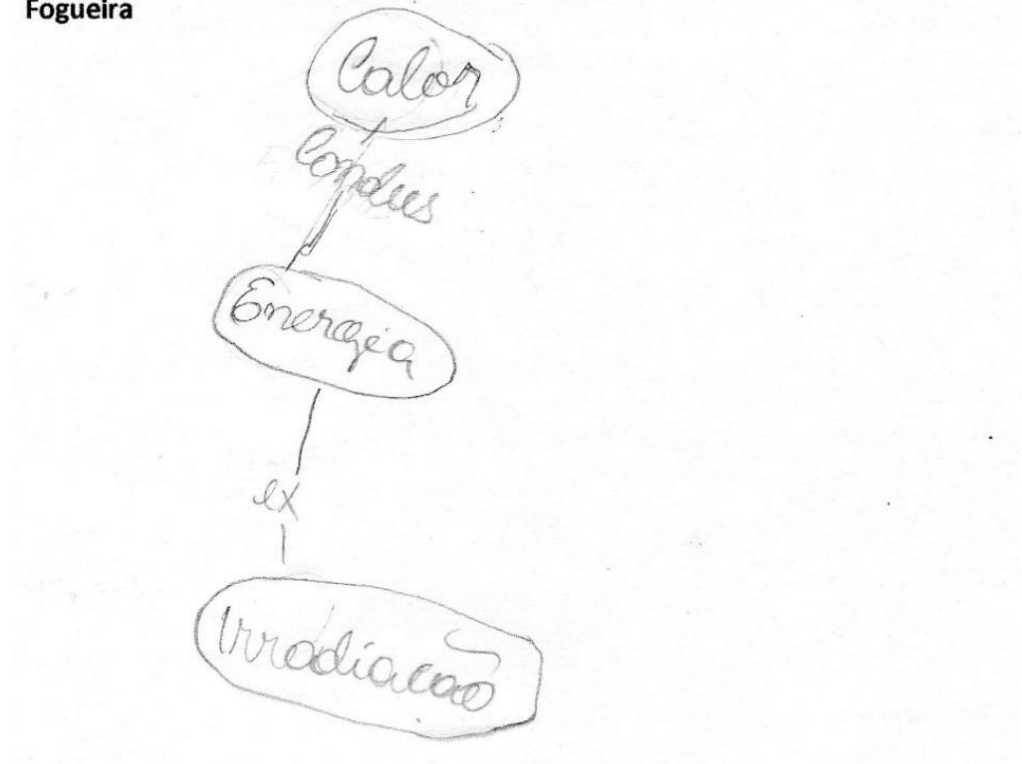
O primeiro mapa foi produzido durante o primeiro encontro, que ocorreu no dia 30 de maio de 2019 e contou com a presença de 25 (vinte e cinco) alunos. Após a análise dos 25 mapas, organizamos os mesmos nas categorias formadas. A distribuição foi feita da seguinte forma: categoria I “Mapas insatisfatórios” com 16 mapas, categoria II “Mapas regulares” com 8 mapas, e categoria III “Mapas bons” com apenas 1 mapa.

Alguns dos mapas produzidos no primeiro encontro estão expostos a seguir, os três alunos escolhidos apresentaram níveis diferentes de compreensão para essa tarefa, eles serão chamados de **aluno A**, **aluno B** e **aluno C**.

A **figura 19** representa o mapa produzido pelo **aluno A**, esse mapa se enquadra na categoria I “Mapas insatisfatórios” uma vez que a estrutura não apresenta níveis hierárquicos nem proposições válidas.

Figura 19 – Mapa 1 – produzido pelo aluno A

Faça um mapa conceitual com os seguintes conceitos: **Calor, propagação, energia, irradiação, Convecção, Condução, Água fervendo, Colher de metal, Fogueira**



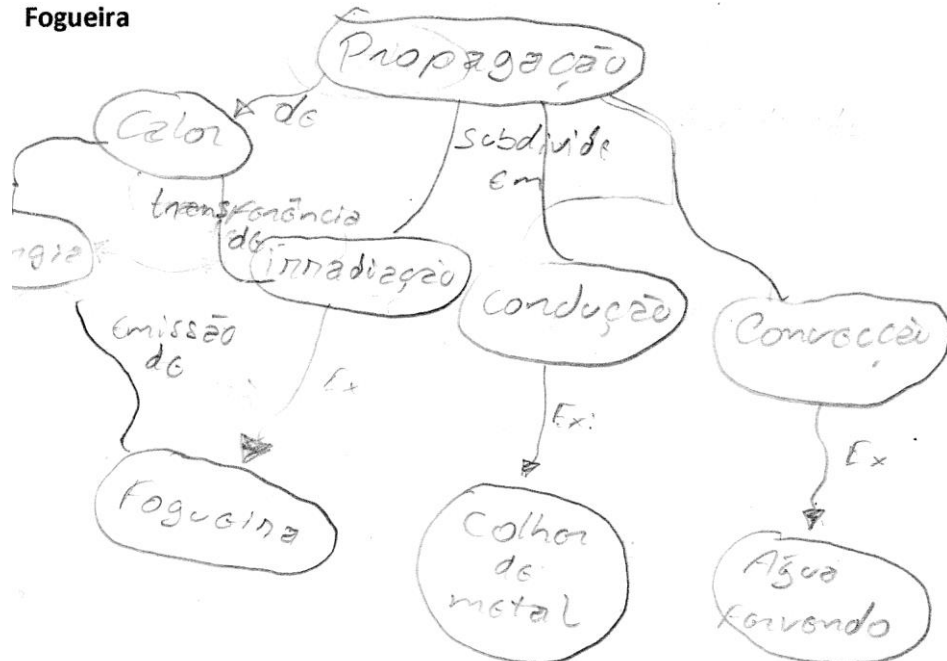
Fonte: Dados da pesquisa, 2018

A atividade fornece uma lista com 9 (nove) “conceitos” e o **aluno A** consegue usar apenas 3 (três), e não faz relações significativas entre os conceitos. O mapa, ainda, apresenta o conceito “energia” subordinado ao conceito “calor”, essa relação de subordinação está errada.

O mapa produzido pelo **aluno B** está representado na **figura 20** e se enquadra na categoria II “Mapas regulares” pois apresenta uma estrutura com níveis hierárquicos e com relações válidas, porém observa-se que o indivíduo não entendeu como posicionar os conceitos na estrutura.

Figura 20 – Mapa 1 - produzido pelo aluno B

Faça um mapa conceitual com os seguintes conceitos: **Calor, propagação, energia, irradiação, Convecção, Condução, Água fervendo, Colher de metal, Fogueira**



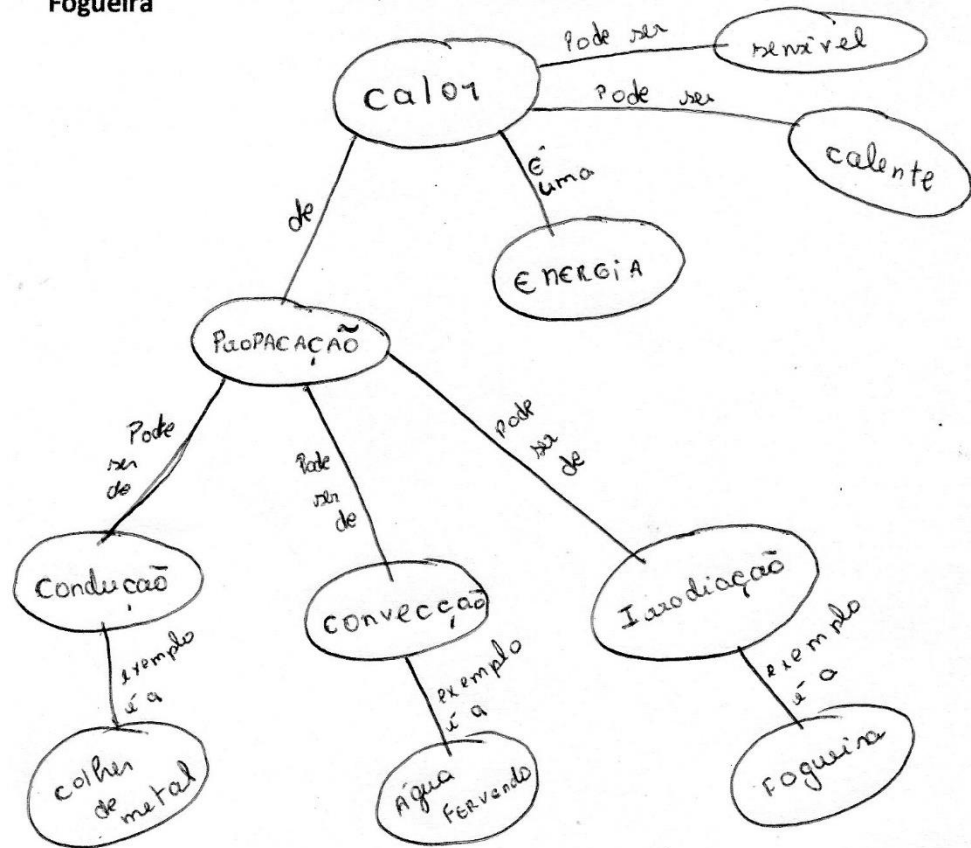
Fonte: Autor, 2018

Na produção de mapas conceituais, os conceitos mais abrangentes devem ocupar níveis superiores na hierarquia, os conceitos mais específicos ocupam níveis inferiores. No mapa produzido pelo **aluno B**, observa-se que o conceito “energia” está no mesmo nível hierárquico das palavras “fogueira”, “colher de metal” e “água fervendo” que são exemplos, ou seja, no mapa apresentado, esses conceitos têm o mesmo nível de importância e abrangência. Isso está errado.

A **figura 21** apresenta o mapa produzido pelo **aluno C**, o mapa se enquadra na categoria III “Mapas bons” pois apresenta uma estrutura com níveis hierárquicos bem definidos e com relações válidas.

Figura 21 – Mapa 1 – produzido pelo aluno C

Faça um mapa conceitual com os seguintes conceitos: **Calor, propagação, energia, irradiação, Convecção, Condução, Água fervendo, Colher de metal, Fogueira**



Fonte: Autor, 2018

O mapa produzido pelo **aluno C** tem estruturas de proposição bem definidas, os conceitos subordinados são mais específicos que os conceitos acima, e quando isso não ocorre a palavra de ligação usada torna a relação significativa, um exemplo está na proposição “calor é uma energia”. O aluno ainda acrescenta no mapa dois conceitos que não estavam na lista, os conceitos “sensível” e “calente” o último se refere ao “calor latente”.

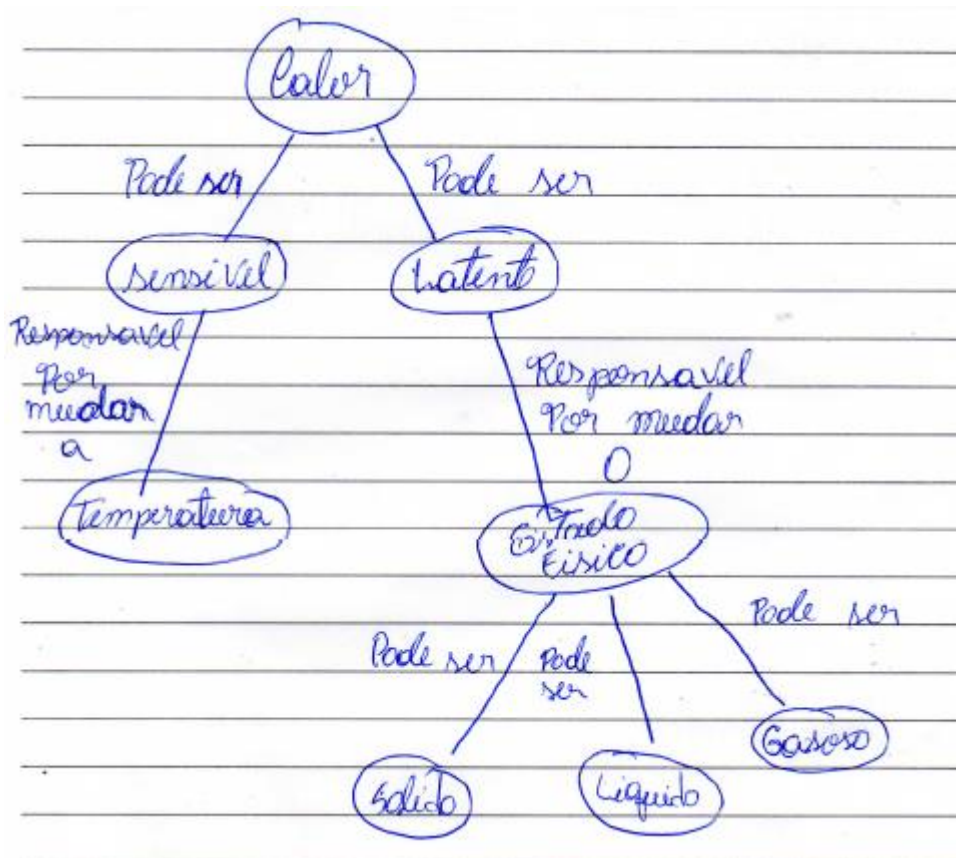
Segundo Mapa Conceitual

O segundo mapa foi produzido no terceiro encontro, dia 06 de junho de 2019, nesse encontro contamos com a presença de 23 alunos. Os mapas produzidos foram distribuídos, após a “correção”, entre as categorias, da seguinte forma: 4 mapas na categoria I “mapas

insatisfatórios”, 14 mapas na categoria II “mapas regulares” e 5 mapas na categoria III “mapas bons”.

Com a elaboração do segundo mapa conceitual, podemos comparar os mapas, analisar a estrutura e avaliar se os alunos estão progredindo ou não. A seguir apresentamos os mapas dos discentes, **aluno A**, **aluno B**, **aluno C**, nas **figura 22**, **23** e **24**, respectivamente.

Figura 22 – Mapa 2 – produzido pelo aluno A



Fonte: Autor, 2018

Ao analisar o segundo mapa do **aluno A**, é fácil notar a evolução do aprendiz na construção do mapa conceitual. A primeira produção apresentada por esse aluno tinha apenas conceitos empilhados ligados por uma linha e com palavras de ligação fracas, não formava estruturas semânticas. O segundo já apresenta uma estrutura semelhante a do mapa referência confeccionado pelo professor, além de ter as proposições válidas, com esse mapa o **aluno A** passou a integrar a categoria III “Mapas bons”.

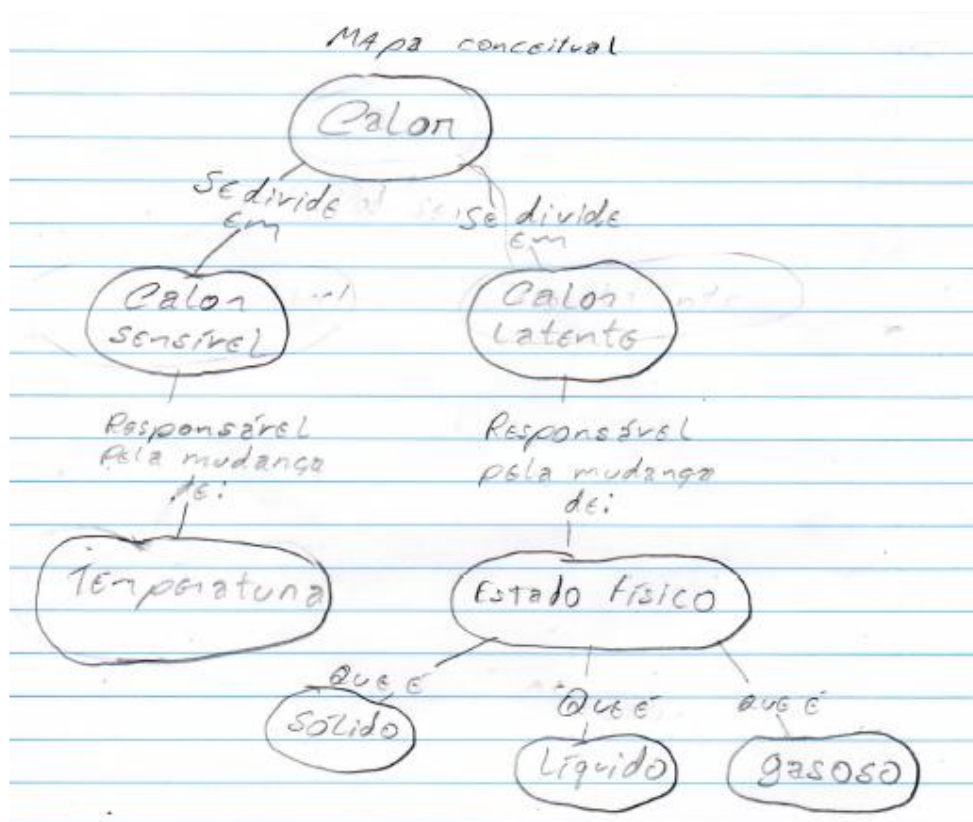
O conceito “calor”, por exemplo, é relacionado com as *palavras conceitos* “sensível” e “latente”, observa-se, nessa estrutura, o processo de diferenciação progressiva descrita por Ausubel, em que um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva adquire novos significados

ao servir de *subsunção* para novas informações, pois o indivíduo atribui novos significados ao conceito “calor”, segundo o mapa podemos inferir que o calor pode ser do tipo sensível ou latente. Mais a frente iremos discutir se essa divisão está correta.

No início do estudo da Termodinâmica é apresentado aos alunos o conceito de calor, diz-se que é um tipo de energia transmitida de um sistema para outro devido a diferença de temperatura. Ao longo do estudo desse ramo da Física, o conceito de calor vai se diferenciando, criando mais substância, ficando mais rico. Espera-se que ao final do curso de Termodinâmica o aprendiz tenha construído um significado abrangente para o conceito “calor”.

O segundo mapa, **figura 23**, corresponde a produção do **aluno B**, esse aluno também apresentou evolução na construção de mapa conceitual, mudando da categoria II “Mapas regulares” para a categoria III “Mapas bons”. O mapa apresentado pelo **aluno B** exibe estrutura hierárquica e proposições válidas. Observa-se, também, que para o aprendiz o conceito “calor” é dividido em “calor sensível” e “calor latente”.

Figura 23 – Mapa 2 – produzido pelo aluno B

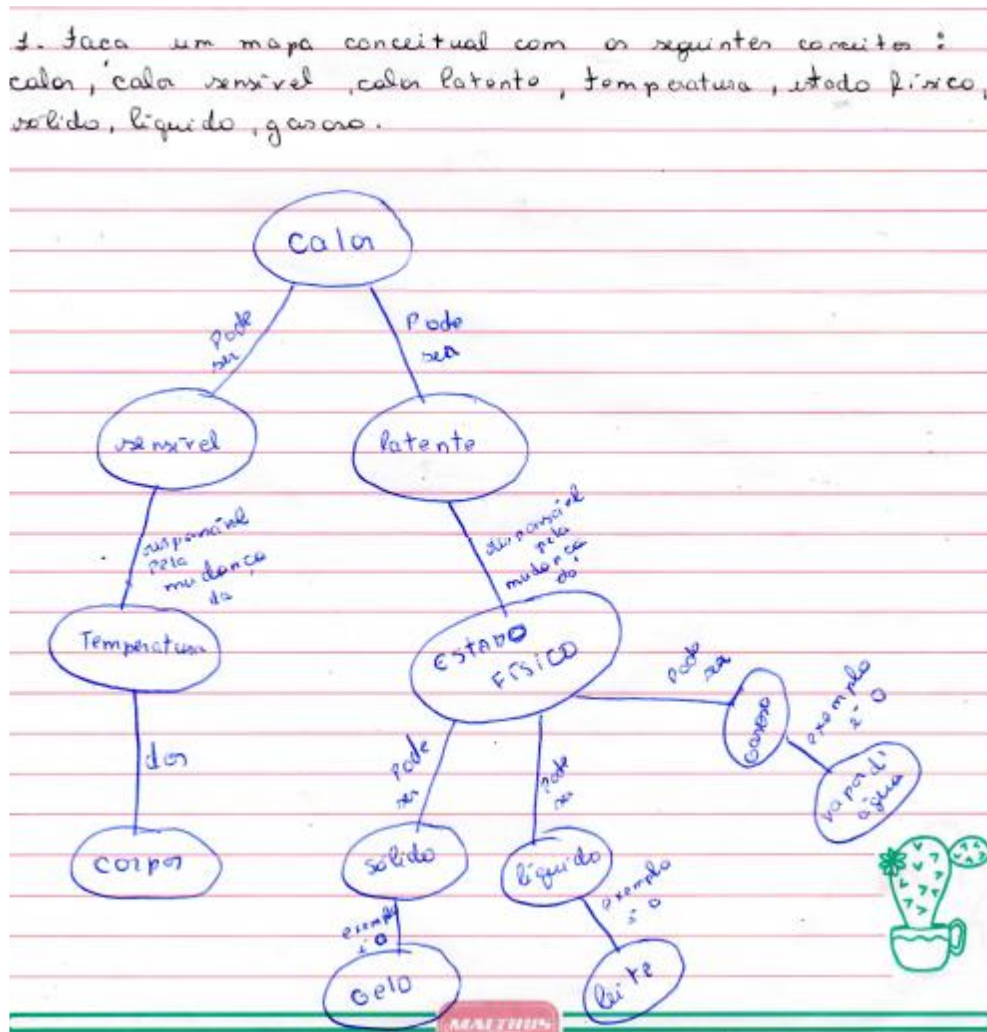


Fonte: Autor, 2018

O terceiro mapa, **figura 24**, corresponde ao **aluno C**, dentre os três apresentados, esse é o mapa mais rico. O aluno não se prendeu aos conceitos proposto pelo professor, é o único

mapa que apresenta um quarto nível, o nível de exemplos como “gelo”, “leite” e “vapor d’água”, além de ter as proposições válidas. A partir desse mapa podemos inferir que o **aluno C**, também, distingue dois tipos de “calor”.

Figura 24 – Mapa 2: produzido pelo aluno C



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Ao analisar os três mapas e compara-los é possível deduzir que os três alunos diferenciam dois tipos de calor, o calor sensível responsável pela mudança de temperatura, e o calor latente responsável pela mudança de estado físico. Se essa separação for verdadeira o calor sensível não pode se tornar calor latente, nem o contrário. Dessa forma a água, em uma chaleira, aquecida por uma fonte de calor sensível nunca entrará em ebulição. Na mesma linha de raciocínio, se usarmos calor latente nesse sistema, a água entrará em ebulição sem, antes, aumentar sua temperatura.

Sabemos que essas situações não ocorrem na natureza, pois o calor que provoca mudança de temperatura é o mesmo que provoca mudança de estado físico, as denominações “sensível” e “latente” são apenas adjetivos atribuídos a esse substantivo. Dessa forma a estrutura de proposição que forma o primeiro nível está errada.

Fazendo uma análise, no âmbito da aprendizagem significativa, observamos que o aluno fez a diferenciação progressiva do conceito “calor” porém faltou consolidar a reconciliação integradora para unificar a segmentação gerada. Caso o processo de reconciliação integradora tivesse ocorrido, teríamos um elo de ligação do tipo “pode ser chamado de” ao invés das *palavras de ligação*, usadas pelos alunos, “se divide em” e “pode ser”.

Nem sempre o professor consegue abstrair dos mapas conceituais o significado das proposições pretendido pelo aluno, uma vez que os mapas conceituais são representações gráficas da estrutura cognitiva do indivíduo. Pode ocorrer do aluno ter tido um aprendizado significativo sobre determinado assunto e, ao fazer um mapa conceitual, usar *palavras fracas* (palavras que não geram o significado esperado) na relação entre conceitos, dessa forma, é interessante que o professor solicite ao aluno que explique o mapa conceitual construído, sugerimos, como forma de explicação, uma apresentação oral ou descrever o significado das relações através de um texto curto.

Terceiro Mapa Conceitual

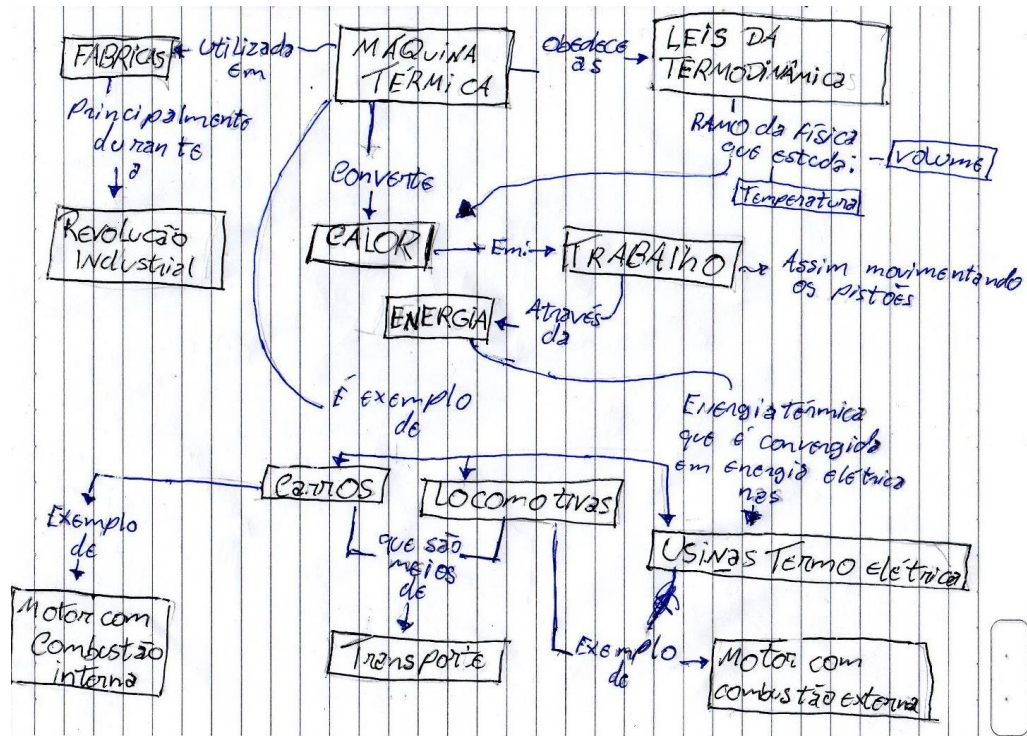
O último Mapa Conceitual foi uma atividade para casa, a entrega foi agendada para o dia 17 de junho durante o sexto encontro. Apesar de todos os alunos estarem presentes foram entregues apenas 8 (oito) mapas, dos quais 6 (seis) eram plágios e foram descartados da pesquisa. Os alunos que não fizeram a atividade deram como justificativa a sobrecarga de trabalhos para entregar no mesmo período e excesso de conteúdo para estudar naquela semana, pois estávamos na semana de provas e no penúltimo dia letivo do semestre.

Dessa forma, foram “corrigidos” apenas dois mapas conceituais referente ao terceiro encontro, um dos mapas foi produzido pelo **aluno B** e o outro foi produzido pelo **aluno E**. O primeiro mapa produzido pelo **aluno E** foi classificado como categoria II e terceiro mapa se encaixa na categoria III. O **aluno A** e o **aluno C** não fizeram a atividade.

A seguir, na **figura 25**, temos o mapa produzido pelo **aluno B**. Podemos perceber que se trata de um mapa conceitual bem mais complexo, enquadra-se na categoria III “mapas bons”. Nessa mapa é possível identificar ligações transversais, o mapa apresenta estrutura e

proposições válidas, os níveis hierárquicos não são respeitados, fielmente, porém as palavras de ligação que relacionam os conceitos tornam a ligação válida.

Figura 25 – Mapa 3 – produzido pelo aluno B



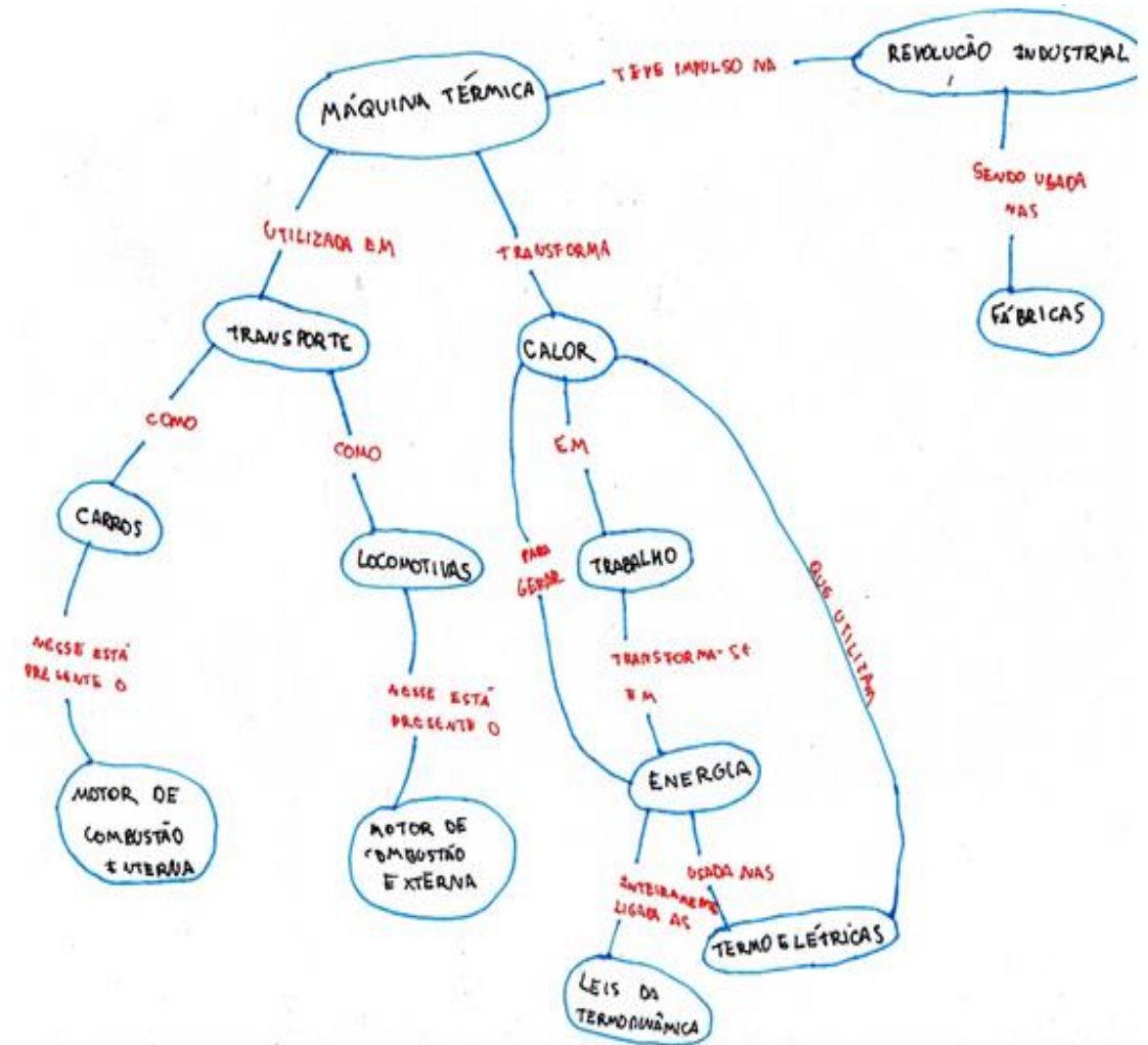
Fonte: Autor, 2018

Em um segmento do mapa, o **aluno B**, relaciona os conceitos “máquina térmica”, “carros” e “motor de combustão interna”, em outro segmento ele relaciona “máquina térmica” com “locomotivas” e “motor de combustão externa”, no outro segmento ele relaciona “máquina térmica”, “Leis da Termodinâmica”, “calor”, “trabalho”, “energia” e “usinas termoeletricas” temos aí segmentos com relações válidas, o aluno também fez uma relação transversal (relação entre segmentos) ao ligar os conceitos “Usinas Termoeletricas” e “carros”. A última relação está ligada ao fato de ambos (carro e usina termoeletrica) usarem motor de combustão externa, porém, aparentemente o aluno teve dificuldade de usar as palavras adequadas para essa ligação.

O mapa conceitual referente a **figura 26** é do **aluno E**. O mapa, em si, está bom e se enquadra na categoria III “mapas bons” mas apresenta uma proposição que não é válida. A Proposição “calor para gerar energia”, a partir da relação feita pelo **aluno E** podemos deduzir dois significados, (1) supor que esse aluno ainda não sabe o conceito de calor, pra ele calor não é energia mas sim algo que gera energia. (2) supor que ele sabe que calor é energia e que o

mesmo pode ser convertido em energia elétrica, o que se justifica os dois conceitos estarem no mesmo segmento, porém usou uma **palavra fraca** para fazer a ligação

Figura 26 – Mapa 3 – produzido pelo aluno E

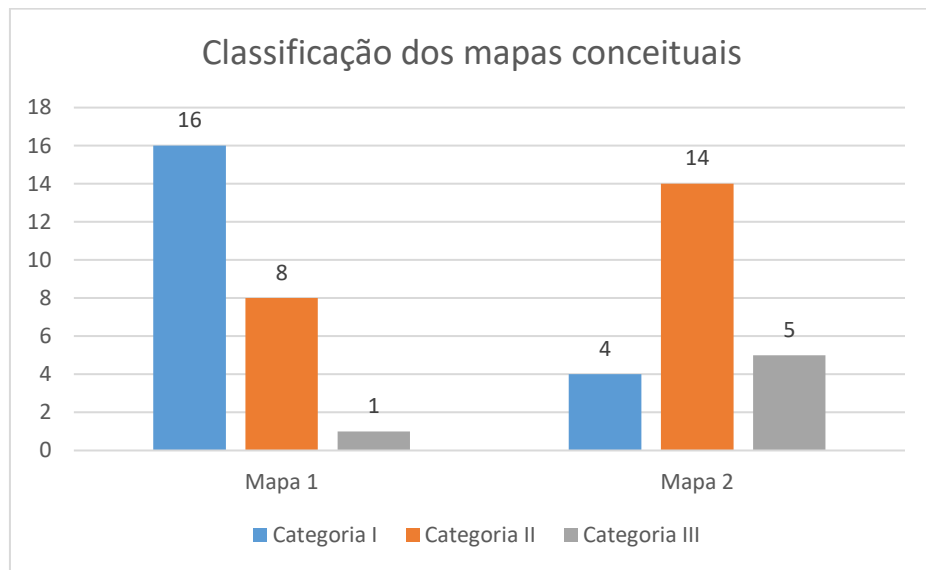


Fonte: Autor , 2018

Análise gráfica

Nessa sessão faremos uma análise da turma. Para fazer este estudo vamos usar os dados coletados dos dois primeiros mapas conceituais. A figura 27 apresenta um gráfico com a distribuição dos mapas nas categorias criadas. A primeira produção teve um total de 25 mapas e a segunda produção teve um total de 23 mapas.

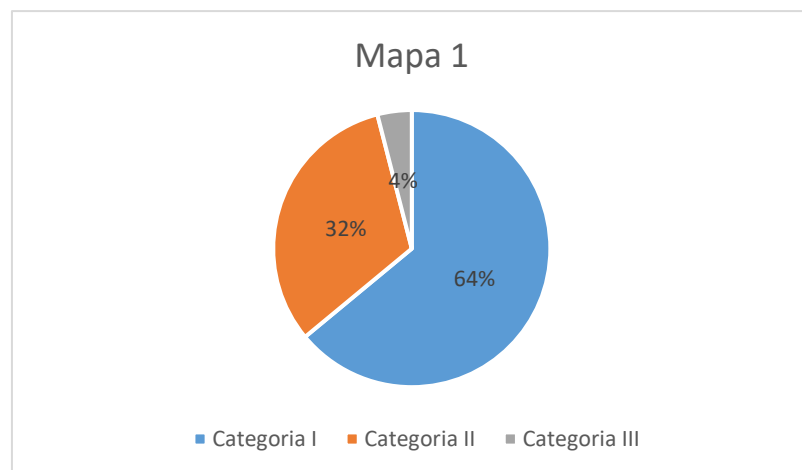
Figura 27 – Distribuição gráfica dos mapas por categoria



Fonte: Autor, 2020

A partir da **figura 27**, observamos que o número de mapas classificados na categoria II e na categoria III aumentou, e o número de mapas classificados na categoria I foi reduzido. A **figura 28** apresenta a distribuição percentual de alunos em cada categoria, o percentual é relativo aos alunos presentes no encontro (25 alunos = 100%).

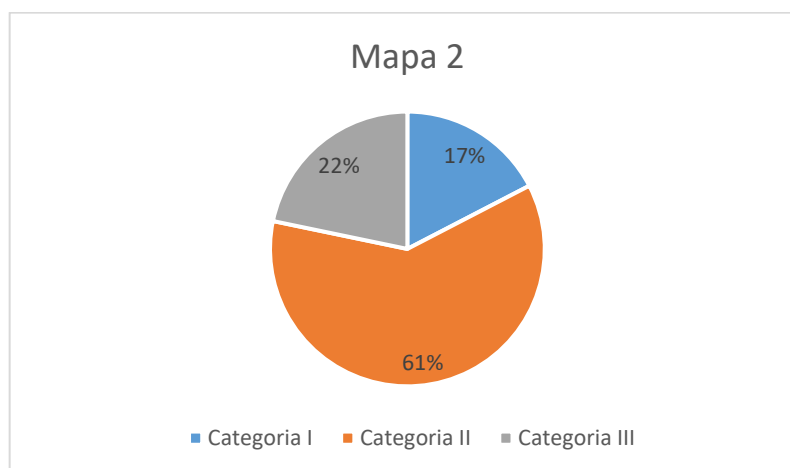
Figura 28 - Distribuição percentual de mapas por categoria. Referência Mapa 1



Fonte: Autor, 2020

Na **figura 29** temos o percentual de alunos por categoria, o percentual também é relativo a quantidade de alunos presentes no encontro (23 alunos = 100%).

Figura 29 - Distribuição percentual de mapas por categoria. Referência Mapa 1



Fonte: Autor, 2020

Ao analisar os gráficos representados nas figuras, percebemos alguns aspectos importantes como a significativa redução percentual de alunos classificados na categoria I (de 64% para 17%), aquela em que a produção é considerada insatisfatória, esse resultado se traduz de forma positiva pois significa que a minoria da turma não desenvolveu uma aprendizagem significativa sobre a elaboração de mapas conceituais e os temas trabalhados. O crescimento de alunos classificados na categoria II (de 32% para 61%) significa que a maior parte dos alunos estão dispostos a aprender, a disposição do aluno para aprender é um dos principais fatores responsáveis pela aprendizagem significativa, pois percebemos uma evolução nos mapas produzidos. E o crescimento de alunos classificados na categoria III (de 4% para 22%) se traduz na aprendizagem significativa, de parte, das novas informações apresentadas aos alunos, para os alunos que alcançaram essa evolução, o material apresentado era significativo e os tinham interesse em aprender o assunto abordado nos encontros.

Ao longo da aplicação do produto, observamos que houve uma melhora significativa na produção de Mapas Conceituais, principalmente dos alunos que tinham mapas classificados na categoria I “Mapas insatisfatórios”. Segundo Moreira (2012) Na medida em que os alunos utilizarem mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos capítulos de livros, romances, experimentos de laboratório, e outros materiais educativos do currículo, eles estarão usando o mapeamento conceitual como um recurso de aprendizagem.

Consideramos, então, que análise de Mapas Conceituais é uma ferramenta muito útil para avaliar se o processo de aprendizagem significativa está ocorrendo.

É importante ressaltar que ao reavaliar a proposta apresentada, e importância dos mapas conceituais para o processo de aprendizagem significativa, concordamos em introduzir mais um mapa no produto final, dessa forma, a sequência didática apresentada no produto educacional contém quatro Mapas Conceituais.

5.2 Texto científico

No segundo encontro, dia 03 de junho de 2019, foi realizado a atividade II, nessa atividade os alunos responderam a duas perguntas abertas relacionadas a Máquinas Térmicas, a atividade continha um texto científico que serviu de apoio para responder as questões. O texto usado é um fragmento do artigo “Da evolução à inteligência artificial das máquinas” produzido pelo professor Dr. Antônio José Silva Oliveira e pelo professor Msc. Carlos Cesar Costa que foi publicado no jornal “O Estado” na data de 27 de dezembro de 2018.

O uso de textos científicos no ensino de Física pode servir como facilitador da aprendizagem significativa de um determinado tema como apontam Andréia Hornes e Sandro dos Santos no artigo publicado na revista *Polyphonia* em 2015

Dessa forma, o uso de textos alternativos como recurso didático pode ser visto como um meio facilitador da aprendizagem, que fará a ancoragem entre o conteúdo que o aluno já tem domínio e o novo conceito que se pretende agregar. Neste caminho, o aluno será levado a uma aprendizagem significativa e, ao mesmo tempo, torna-se um ser pensante e crítico acerca dos temas da atualidade e o professor, mediador desse processo, cumpre com êxito seu papel formador (Hornes e dos Santos, 2015).

A seguir apresentamos as perguntas da atividade e uma grade de resposta, a grade de respostas não é a única resposta correta, a grade de respostas aponta o tipo de resposta esperada.

Grade de respostas da atividade

Questão 01 - Explique, com suas palavras, o que é uma máquina térmica? E dê exemplo de máquinas térmicas contemporâneas.

Resposta 1: É um dispositivo (máquina, sistema mecânico, etc) que, operando em ciclos, converte parte do calor recebido em trabalho mecânico. Como exemplo temos, os motores de combustão interna nos carros, as turbinas dos aviões e a máquina a vapor usada nas usinas termoeletricas.

Resposta 2: É uma máquina que transforma calor em movimento. Exemplo o carro, avião e termoeletricas.

Questão 02 - Escreva um texto, de no máximo oito linhas, que revele a importância da máquina a vapor para o desenvolvimento da sociedade.

Resposta: No texto produzido pelo aluno, deve conter os seguintes fatos; alavancou a revolução industrial, revolucionou os meios de transporte, e amplamente utilizada na geração de energia elétrica.

Para fazer a análise das respostas da turma, por se tratar de questões abertas, foi feita uma classificação das respostas por categorias formadas pelo professor a partir das respostas dos alunos. Para a primeira questão foram desenvolvidas cinco categorias listadas na Quadro abaixo

Quadro 12 – Classificação das respostas da questão 02.

Categoria	Cognição	Nº de alunos
Categoria 1	Máquina térmica cria energia	01
Categoria 2	Máquinas que usam o vapor	02
Categoria 3	Máquinas que usam o calor	02
Categoria 4	Máquinas que transforma o calor	8
Categoria 5	Máquinas que transforma o calor em trabalho ou movimento	10

Fonte: Autor, 2018

Ao analisar as respostas da turma, apenas um aluno se encaixou na categoria 1, a resposta desse aluno para a primeira pergunta foi *“A máquina térmica são um tipo de gerador de energia que usamos, como por exemplo ônibus e carro”*. Segundo essa resposta o aprendiz acredita que a máquina térmica cria energia. Esse conceito está errado, porém o aluno associa esse dispositivo aos meios de transportes que ele utiliza, ou seja, o aluno sabe identificar uma máquina térmica mas não sabe o princípio de funcionamento da mesma.

Na categoria 2, os alunos entendem que as máquinas térmicas têm que usar vapor. Segundo um dos alunos *“Máquina térmica é uma máquina a vapor tipo trem a vapor”*. Os alunos que se encaixam nessa categoria apresentaram respostas vagas, nível de aprendizagem baixo.

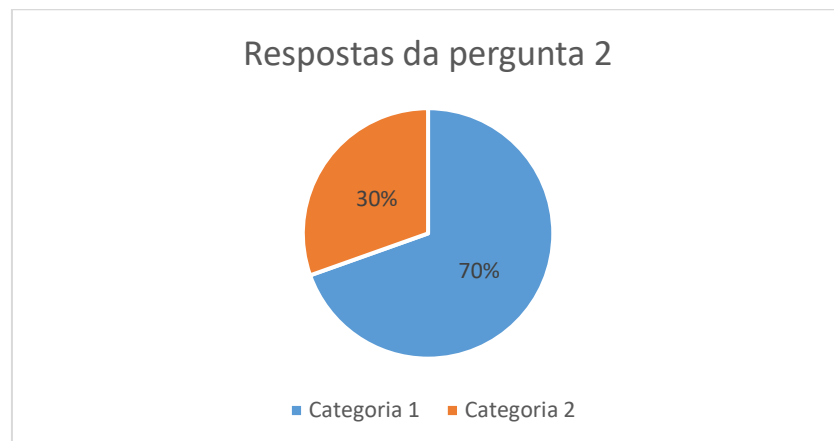
Na categoria 3, temos a associação da máquina térmica ao calor. Um exemplo de resposta foi *“Máquina térmica é uma máquina que precisa de calor (energia) para o seu funcionamento, a sua movimentação. Trens a vapor, motores de combustão como o de carros, ônibus e avião”*. Ao analisar as respostas dessa categoria, foi identificado que os alunos entenderam que a máquina térmica precisa de calor, que calor é um tipo de energia e que as máquinas térmicas podem gerar movimento (realizar trabalho).

Categoria 4, segundo essa categoria, as máquinas térmicas transformam calor em energia, como podemos ver na resposta de um dos alunos *“As máquinas térmicas transformam calor em energia térmica. Carro, ônibus e moto”*. Ao analisar as respostas, foi identificado que o conceito de calor, para esses alunos, ainda é confuso mas entendem que as máquinas térmicas transformam energia.

Categoria 5, entendem que as máquinas térmicas transformam o calor recebido em trabalho mecânico. Exemplo de resposta *“É uma máquina que possui um sistema que realiza a conversão de calor (energia térmica) em trabalho mecânico. Exemplo de máquinas são os motores de carro”*. Esse grupo apresentou um bom entendimento acerca do tema tratado, sabem que nas máquinas térmicas calor é transformado em trabalho, gera movimento e que as máquinas operam sob fontes de temperaturas diferentes.

As respostas da segunda questão foram agrupadas em duas categorias, a categoria 1 apresenta respostas na mesma linha da grade de respostas e a categoria 2 contém respostas que divergem da grade fornecida pelo professor. A **figura 30**, mostra um gráfico que representa o percentual de alunos que se enquadra em cada grupo, o percentual representado no gráfico está relacionado com o quantitativo de alunos presentes no dia (23 alunos = 100%)

Figura 30 - Distribuição percentual de alunos por categoria. Referência: pergunta 2



Fonte: Autor, 2020

Após análise das respostas da questão dois, percebemos que a maioria dos alunos (16 alunos, aproximadamente 70% dos presentes) conseguiu relacionar a máquina a vapor ao desenvolvimento da humanidade. Como podemos ver na resposta de uma aluna *“A máquina a vapor impulsionou a revolução industrial, ela melhorou a sociedade em vários fatores, como por exemplo no transporte, antes utilizava-se a força do animal, cavalos, bois e etc. Mas depois da máquina a vapor (ou melhor da locomotiva) ficou mais fácil se locomover, isso vai até hoje*

pois com essa ideia e com sua melhoria hoje temos motores que em automóveis nos fazem nos locomover mais rápido”. E apenas sete (7 alunos, aproximadamente 30% dos presentes) divagaram como podemos ver em uma das respostas “É importante pois a energia é gerada pelo calor, ao contrário de como é gerado a energia já que faz muito mal ao planeta”.

Com base na análise dos dados podemos inferir que atividade 2 (dois) foi proveitosa pois a maioria das respostas dadas pelos alunos se aproximaram das respostas esperadas, isso implica dizer que os alunos leram o texto científico e isso proporcionou uma oportunidade em ampliar os seus conhecimentos em Máquinas Térmicas.

5.3 Resolução de exercícios sobre rendimento de Máquinas Térmicas

Durante o terceiro encontro, realizado no dia 06 de junho de 2019, foi aplicada a atividade 3 que consistia em encontrar o rendimento de máquinas térmicas em algumas situações problemas, para responder de forma correta o aluno tinha que fazer o uso de fórmulas para encontrar o resultado.

O objetivo dessa atividade era identificar se o aluno consegue escolher e manusear de forma correta as fórmulas usadas para o cálculo do rendimento de uma Máquina Térmica. As questões e as respostas esperadas para cada questão estão a seguir.

Atividade 3 – Cálculo de rendimento de máquina térmica

Questão 01 - Qual é o rendimento ideal do motor de um automóvel em que o combustível é queimado a 2.700K e o ar sai do cano de descarga a 270K?

Resposta;

$$\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q} = \frac{2700 - 270}{2700} = \frac{2430}{2700} = 0,9 \text{ ou } 90\%$$

Questão 02- Calcule o rendimento de Carnot para uma usina otec que opera sob uma diferença de temperatura entre a água profunda a 4°C e a água superficial a 25°C.

Resposta;

$$T_q = 273 + 25 = 298K$$

$$T_f = 273 + 4 = 277K$$

$$\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q} = \frac{298 - 277}{298} = \frac{21}{298} = 0,070 \text{ ou } 7\%$$

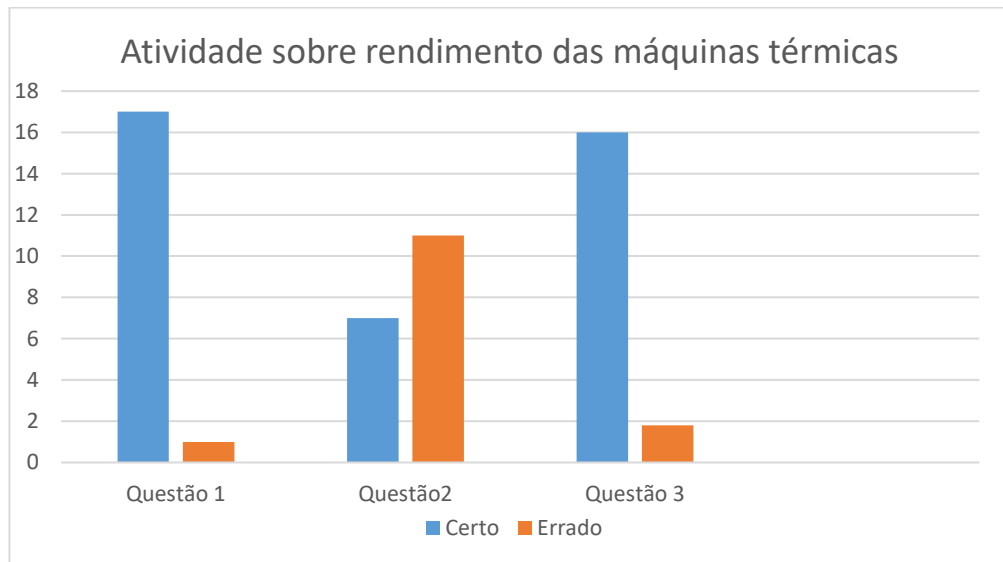
Questão 03 - O rendimento de uma máquina térmica é uma relação entre a energia transformada em trabalho e a energia absorvida da fonte quente. Uma máquina térmica teórica

retira 1 000 J da fonte quente e rejeita 800 J para a fonte fria. O rendimento dessa máquina, em porcentagem, é:

$$\text{Resposta; } \eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} = \frac{1000 - 800}{1000} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ ou } 20\%$$

Foi dada a opção para o alunos formarem duplas para responder a atividade, dessa forma, tivemos produções individuais e em duplas. A **figura 31** apresenta um gráfico com a tabulação dos acertos dessa atividade. A representação gráfica está relacionada ao total de atividades produzidas, foram entregues 18 atividades.

Figura 31 – Gráfico sobre acertos e erros na atividade sobre rendimento



Fonte: Autor, 2018

Como podemos observar o maior número de acertos se refere a primeira questão, que apresenta um grau de dificuldade pequeno e o maior número de erros se encontra na questão número 2 (dois), o que já era de se esperar pois apresenta um grau de dificuldade maior que o das demais, para resolvê-la o aluno teria que usar um *conceito subsunçor*, ou seja, uma estrutura de conhecimento que já deveria estar existente na estrutura cognitiva do aluno, essa estrutura, em particular, é a conversão de escalas termométricas, conteúdo que foi ministrado no bimestre anterior. Durante essa atividade o uso da calculadora foi permitido pois o objetivo era identificar a habilidade do aluno de manusear as fórmulas para calcular o rendimento e não aferir a desenvoltura do aluno com as quatro operações básicas. O resultado dessa atividade foi considerado satisfatório.

5.4 Questionário sobre atividade experimental

NO dia 27 de junho de 2019, durante o sexto encontro, os alunos responderam o questionário sobre a atividade experimental. A seguir apresentamos as questões levantadas e as respostas esperadas para cada pergunta do questionário com exceção da primeira questão, pois a mesma é pessoal.

Grade de resposta

Questão 01 - Quais as dificuldades você encontrou durante a execução da atividade experimental?

Resposta: pessoal

Questão 02 - Durante a retirada do líquido de dentro da latinha, o professor pediu para você agitar a lata, com o orifício tampado, para acelerar o processo. Explique, com suas palavras, por que isso acontece?

Resposta: O gás carbônico se desprende do líquido aumentando a pressão interna. Dessa forma, o líquido é empurrado com mais força.

Questão 03 – Identifique que elementos do experimento correspondem a caldeira, fornalha e turbina. Qual a função da fornalha?

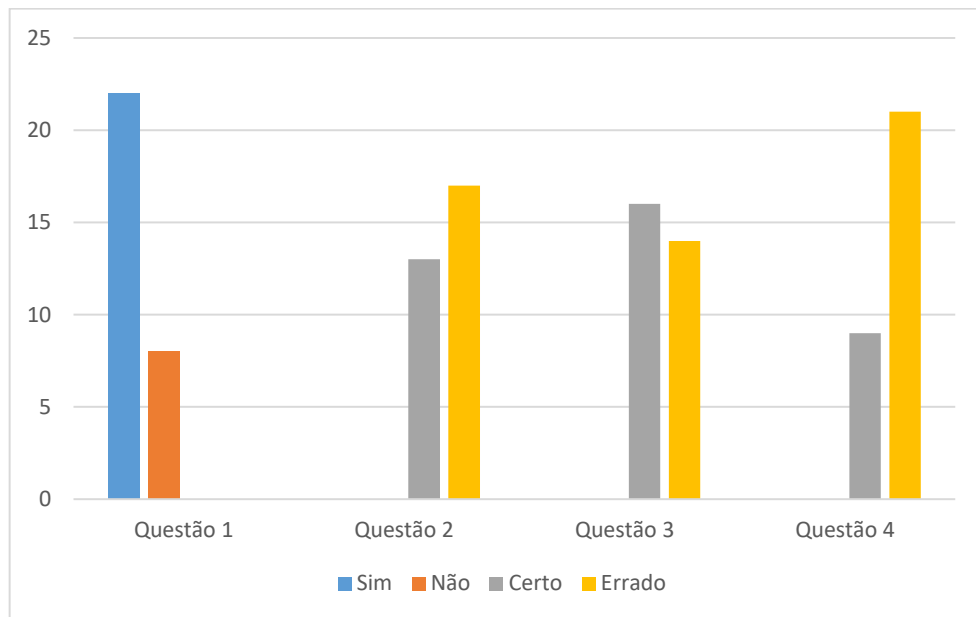
Resposta: Caldeira é a latinha com água; fornalha é o fogareiro, turbina é cortiça com palhetas de papel cartão.

Questão 04 - Explique o funcionamento do experimento usina térmica, identificando a fonte quente, fonte fria e o trabalho realizado.

Resposta: A usina térmica construída é um tipo de máquina a vapor, recebe calor da fonte quente (fogareiro), transforma parte dessa energia em trabalho (a cortiça começa a girar) e o restante da energia é dissipada para o ambiente externo (fonte fria).

A segunda atividade, foi feita individualmente apesar do trabalho ter sido em grupo (atividade experimental). As respostas foram tabuladas em certo e errado e a primeira pergunta em sim ou não, o resultado está representado na Quadro a seguir

Figura 32 – Gráfico das respostas referente a atividade final



Fonte: Autor, 2018

Com relação a primeira questão, a maior parte da turma (22 alunos) encontrou pelo menos um tipo de dificuldade na confecção da experiência, seja em furar a caldeira, construir a turbina ou inserir água dentro da latinha. Na questão dois, quase a metade da turma respondeu corretamente, o que me surpreendeu, pois, a explicação não era tão trivial. Na questão três, observamos mais acertos que erros e a questão quatro é a que apresenta maior número de erros (21 alunos), ao analisar as respostas observamos que o principal fator desse resultado é não saber identificar a fonte fria, acharam que a fonte fria era a água dentro da latinha, porém identificaram que o trabalho realizado pela usina era fazer a turbina girar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui apresentado é uma proposta metodológica para o ensino de máquinas térmicas, tema que compreende o conteúdo de Termodinâmica, abordando sua relevância histórica para o desenvolvimento socioeconômico mundial assim como os impactos regionais provocados desde a sua chegada aos dias de hoje. Para esse fim, desenvolvemos uma sequência didática. Ao aplicar essa metodologia em sala, percebemos que a mesma facilitou o ensino de Máquinas Térmicas alcançando uma aprendizagem significativa dos alunos, de forma heterogênea, pois os indivíduos apresentaram níveis de desenvolvimento diferentes.

É importante ressaltar a relevância dos mapas conceituais de Joseph Novak como ferramenta para mensurar a aprendizagem significativa e identificar erros conceituais, com essa ferramenta é possível perceber a estrutura cognitiva formada pelo aluno acerca do tema abordado pois um Mapa Conceitual é a própria representação gráfica da estrutura cognitiva. É claro que essa análise só se torna válida quando o aprendiz já domina a produção dos Mapas Conceituais.

A abordagem histórica acerca das Máquinas Térmicas feita através de texto científico, música de autoria regional e aula expositiva sobre o desenvolvimento da região promovido pela introdução de ferrovias se mostrou um material facilitador para a aprendizagem significativa do tema.

Por fim, analisando os resultados da pesquisa ficamos animados, pois mostraram uma evolução dos conceitos aprendidos pelos alunos, isso indica que a aplicação da sequência didática fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e os Mapas Conceituais de Joseph Novak, apresentados neste trabalho, mostra - se um material potencialmente significativo no ensino de ciências.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- BALDOW, R.; MONTEIRO GIR, F. N. Os Livros Didáticos de Física e Suas Omissões e Distorções na História do Desenvolvimento da Termodinâmica; **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 3-19, Maio 2010.
- BEZERRA, D. P. **Estudo sobre os processos físicos envolvidos nos motores que utilizam como combustíveis óleos (Ciclo Diesel)**. Estudo sobre a Viabilidade da “Ottonização” do Ciclo Diesel. Brasília, 2007.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. **LDB – Lei nº 9394/96**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC 2002.
- CALOR E TEMPERATURA. **Mundo Educação**. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em: 18 nov. 2018.
- CAMPEIZ, A. F. et al. **A escola na perspectiva de adolescentes da geração Z**. Palmas, 2017.
- DIAS, J. L. G. **Ciclo de Otto**: aplicação teórica e utilidade prática. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/ciclottoartigofinal.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- FEYMAN, R. P. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FILHO, J. **FORMAÇÃO ECONÔMICA DO MARANHÃO: superexploração e estado oligárquico como entraves ao desenvolvimento**, 2015. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/pdfs/eixo1/formacao-economica-do-maranhao-superexploracao-e-estado-oligarquico-como-entraves-ao-desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2020
- GOMES, L. A. ascensão e queda da teoria do calórico. **Cad. Bras. Ens. Fís.** UFSC, Florianópolis, dez. 2012.
- Heck, N. C. **Termodinâmica para processos da pirometalurgia**. Disponível em: http://www.ufrgs.br/ct/ntcm/posgraduacao/Nestor_NovaTermo-4a7.pdf. Acesso em: 20 nov. 2019.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- INSTITUTO CÉOS. **Máquina a vapor modelo de vidro**. YOUTUBE. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5Eldtu9g_8k. Acesso em: 20 nov. 2019.

JUNIOR, N. **Da revolução à conscientização: o que é zero absoluto.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-zero-absoluto.html>. Acesso em: 26 nov. 2018.

NEVES, D. "FERROVIA SÃO LUÍS - TERESINA": HISTÓRIA E CULTURA, disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/VI_coloquio_t6_ferrovia_sao_luis_teresina.pdf. Acesso em: 23 ago. 2020.

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

PASSOS, J. C.; **A importância do trabalho de carnot para o ensino da termodinâmica.** disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/16/artigos/OUT010.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PASSOS, J. C.; **Carnot e a segunda lei da termodinâmica.** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/76072560/Artigo-Carnot-e-a-Segunda-Lei-Da-Termodinamica>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SERRES, M.; **Paris 1800.** in Elementos historieiro dês Sencientes, M. Serre, Larousse-Bordas, Paris, 1997.

SILVA, A. P. B.; OLIVEIRA, M. M. A. **Sequência didática interativa como proposta para formação de professores de matemática.**

SILVEIRA, F. L.; Máquinas Térmicas à Combustão Interna de Otto e de Diesel. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/maqterm.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2018.

SILVA, G; ERROBIDART, N. Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. Disponível em: [file:///C:/Users/Gabriel-PC/Downloads/41758-126033-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Gabriel-PC/Downloads/41758-126033-1-PB%20(1).pdf). Acesso em: 23 ago. 2020.

SPROULE, A. **Personagens que mudaram o mundo: James Watt.** Globo: São Paulo, 1993.
TAVARES, L. A. **James Watt: a trajetória que levou ao desenvolvimento da máquina a vapor vista por seus biógrafos e homens de ciências.** Dissertação de mestrado em História da Ciência. São Paulo, 2018.

TIPLER, P. A. **Física para Cientistas e Engenheiros**, v.1: Mecânica, Oscilações e Ondas. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

WENDY. **YAHOO RESPOSTAS.** Disponível em: <https://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20180426020004AAVwLdw>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar.** Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



Mestrado em Ensino de Física



Produto educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS TÉRMICAS

Autor:

Gabriel Felipe Furtado Ferreira

Orientador:

Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira

Criação da capa:

Gabriel Felipe Furtado Ferreira

São Luís – MA

2020

© Gabriel Felipe Furtado Ferreira e Antônio José Silva Oliveira – 2020. O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

APRESENTAÇÃO

Caro professor (a)

Este trabalho é o resultado de uma pesquisa em ensino de Física, onde o tema gerador foi a importância das máquinas térmicas para o desenvolvimento da humanidade, trata-se de uma sequência de encontros planejados e relacionados (sequência didática). O material foi desenvolvido à luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e o uso de mapas conceituais proposto por Joseph Novak. No total, são oito encontros (aulas). Esta sequência pedagógica conta com o planejamento, detalhado, de cada encontro e as atividades a serem desenvolvidas, que já foram testadas em campo.

Os mapas conceituais, usados na pesquisa que deu origem a este trabalho, são ferramentas importantíssimas no processo de ensino-aprendizagem se alcançar um aprendizado significativo. De acordo com Souza (2010), os mapas conceituais, assim sendo, favorecem a consecução de uma avaliação formativa, até porque eles permitem ao professor a compreensão da situação do aluno, ao propiciar a identificação e a análise dos erros, juntamente com a promoção de diagnóstico mais apurado do funcionamento cognitivo envolvido. Em decorrência, podem fornecer indicadores mais precisos para a recomposição do trabalho didático, para a regulação do ensino, visando a possibilitar maior aprendizagem.

Caso o professor ainda não conheça essa ferramenta, o material traz um roteiro para aplicação de mapas conceituais. O mapa conceitual é uma ferramenta muito versátil, neste material apresentamos, apenas, uma das formas de utilizar essa ferramenta.

Uma característica importante desse material é a abordagem do tema central, apresentamos uma metodologia para o ensino de máquinas térmicas focada na sua importância histórica. Com o auxílio deste produto didático o professor ensina os conceitos físicos envolvidos no funcionamento das máquinas térmicas e relaciona a mesma com eventos históricos da época como a primeira revolução industrial, construção de ferrovias para escoar produtos e transportar pessoas, geração de energia elétrica e outros. Por fim, acreditamos que este produto educacional será muito útil para a prática docente.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	85
2 TÓPICOS DE TERMODINÂMICA	86
2.1 Leis da Termodinâmica	86
2.2 Breve histórico das máquinas térmicas	87
2.3 Rendimento de uma máquina térmica	89
2.4 Contexto regional	90
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	93
3.1 Aprendizagem significativa	93
3.2 Mapas conceituais	95
4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO	97
4.1 Roteiro para aplicação de mapas conceituais	97
4.2 Metodologia de aplicação	100
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
REFERÊNCIAS	109

1 INTRODUÇÃO

A relação histórica entre a máquina a vapor e o desenvolvimento da civilização é um tema atraente para o estudo de máquinas térmicas. Nessa perspectiva desenvolvemos uma sequência didática para auxiliar o professor na abordagem desse tema. Os encontros estão fundamentados na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e no uso de mapas conceituais proposto por Josph Novak.

Esta sequência pedagógica faz uso de diversas ferramentas de ensino para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, como uso de vídeos curtos, música, experiência e mapas conceituais. Em alguns encontros, o material faz sugestão do uso de projetores, caso a escola ou o professor não tenham, o mesmo pode ser substituído por televisores.

Os mapas conceituais, em especial, são recursos poderosos pois são muitos versáteis, o docente pode usa-los como estratégia para facilitar o processo de ensino aprendizagem ou como ferramenta avaliativa. Neste material os mapas são usados tanto como estratégia de ensino como recurso avaliativo.

Por fim, aconselhamos que essa sequência didática seja aplicada em turmas que já tenham tido o contato com a termometria pois são usados conceitos de calor e temperatura nos encontros. Com relação ao conteúdo estudo dos gases, o mesmo pode ser um facilitador para a aplicação desta sequência didática mas caso o professor ainda não tenha abordado o tema, não trará nenhum obstáculo para sua execução pois esta sequência didática foi desenvolvida pensando numa abordagem inversa dos conteúdos da termodinâmica. Na estrutura tradicional temos estudos dos gases e depois máquinas térmicas, a estrutura pensada na elaboração desse material foi: máquinas térmicas e depois estudo dos gases.

2 TÓPICOS DE TERMODINÂMICA

2.1 Leis da Termodinâmica

A Termodinâmica é a ciência que estuda a transformação do calor em energia mecânica, essa ciência se desenvolveu a partir do estudo das máquinas térmicas. Durante a primeira revolução industrial as máquinas térmicas foram inseridas nas fábricas e ocuparam um lugar de destaque no processo produtivo, eram as máquinas térmicas que geravam energia para a fábrica produzir.

Nesse contexto os engenheiros se dedicaram a construir máquinas mais eficientes afim de conseguir maior produção e diminuir o consumo de carvão mineral enquanto os cientistas tentavam descobrir o que acontecia com as partículas do vapor d'água durante o funcionamento da máquina, nesse ambiente surgiu a Termodinâmica.

A primeira lei da termodinâmica trata da conservação de energia. Segundo o princípio da conservação de energia *a quantidade total de energia num sistema isolado permanece constante*, ou de forma mais popular *energia não se cria, nem se destrói, apenas se transforma*. O “sistema” em questão, trata-se do que se está observando pode ser um objeto, um gás, um líquido ou algo mais amplo como a atmosfera terrestre.

Agora vamos aplicar essa teoria no contexto da Termodinâmica, lembrando que a Termodinâmica estuda a transformação do calor em energia mecânica. Para isso vamos imaginar um sistema isolado termicamente, o nosso sistema é formado por um sanduíche quente e um refrigerante gelado, durante o nosso estudo o refrigerante recebeu uma quantidade de energia em forma de calor Q , e segundo o princípio da conservação de energia, tem que ser igual a energia perdida pelo sanduíche para que a quantidade de energia total do sistema permaneça a mesma, mas o que acontece com o sanduíche que perdeu energia e o refrigerante que recebeu energia? Naturalmente o sanduíche esfria e o refrigerante esquenta. Isso ocorre por que quando a energia que está dentro do sistema diminui, sua temperatura, também diminui e quando essa energia aumenta, sua temperatura também aumenta. A energia que está dentro de um sistema é chamada de energia interna U , podemos então escrever a primeira lei da termodinâmica da seguinte forma;

$$\Delta U = Q \quad (2.1)$$

A variação da energia interna de um sistema é igual a quantidade de calor recebido ou perdido pelo sistema. Porém sabemos que quando um sistema é aquecido, normalmente, ele tende a dilatar, dessa forma se tivermos um gás aprisionado num recipiente que tenha, em uma

das paredes, um êmbolo móvel e aquecermos esse gás, o mesmo irá movimentar o êmbolo realizando, assim, um trabalho mecânico W . Dessa forma podemos reescrever a primeira lei da termodinâmica

$$\Delta U + W = Q \quad (2.2)$$

ou

$$\Delta U = Q - W. \quad (2.3)$$

A variação da energia interna de um sistema é a diferença entre a quantidade de calor recebido e o trabalho realizado pelo sistema. Ou na forma diferencial, a mesma lei pode ser expressa por:

$$dU = dQ - dW \quad (2.4)$$

A segunda lei da termodinâmica determina o sentido do fluxo de calor. Podemos enunciar a segunda lei da seguinte forma

O calor sempre flui, de forma espontânea, do sistema de maior temperatura para outro com menor temperatura.

Se analisarmos o exemplo anterior, do sanduíche e refrigerante, tomando como referência apenas a primeira lei, seria possível o refrigerante, que estava gelado (menor temperatura), perder calor para o sanduíche, diminuindo mais a sua temperatura enquanto aquecia o sanduíche que já estava a uma temperatura maior, se no processo a energia total do sistema permanecesse a mesma, ou seja, a quantidade de calor cedida pelo refrigerante fosse igual ao calor recebido pelo sanduíche. Isso não ocorre porque violaria a segunda lei da termodinâmica.

2.2 Breve histórico das máquinas térmicas

As máquinas térmicas são dispositivos que transforma calor em trabalho mecânico. Historicamente a primeira máquina térmica foi construída por Heron de Alexandria, na máquina de Heron a água contida num cilindro era aquecida e quando o vapor era expelido fazia a mesma girar, semelhante a válvula de pressão da panela de pressão. A máquina de Heron data do século I a.C. Porém esse trabalho está mais interessado em outro tipo de máquina, as máquinas a vapor. A seguir, trazemos alguns marcos históricos no desenvolvimento dessas máquinas.

Em 1698, Thomas Savery, engenheiro militar inglês, desenvolveu uma máquina a vapor com a finalidade de retirar água dos poços das minas de carvão. A máquina de Savery, e as outras que a sucederam, usava como fonte energética a queima do carvão mineral, o que acabou impulsionando a extração desse minério. A máquina de Savery usava a diferença de pressão,

por ela gerada, para retirar a água dos poços de mineração. Na época o carvão mineral já era a principal fonte de combustível da Inglaterra. Porém a máquina de Savery tinha uma limitação de 15 metros, não conseguia atender as galerias mais profundas, consumia muito carvão e não era segura.

Em 1712, o inglês Thomas Newcomen aperfeiçoou as máquinas de Savery e Papin, a principal diferença era uma viga que lembrava uma gangorra e poderia ser utilizada em minas profundas, e além de elevar a água, podia elevar cargas, sem risco de explodir. Situação frequente nas primeiras máquinas. Na máquina de Newcomen, o vapor d'água era condensado por um jorrimento de água fria que recebia dentro do cilindro e com isso o êmbolo descia (FORBES, 1958 apud TAVARES, 2018).

No ano de 1763, o engenheiro Escocês James Watt que trabalhava numa oficina e era fabricante de instrumentos da universidade de Glasgow, teve pela primeira vez contato com uma máquina de Newcomen. Ele recebeu um modelo da máquina para consertar, pertencente ao professor John Anderson que trabalhava na mesma universidade (SPROULE, 1992 apud TAVARES, 2018). Ele percebeu que quando o vapor era resfriado no cilindro, perdia-se parte da energia, diminuindo, conseqüentemente o seu rendimento. O vapor passou a ser resfriado num condensador, feito por Watt, num local reservado da máquina. Interessando-se pela pesquisa no melhoramento das máquinas a vapor, Watt construiu sua primeira máquina, em 1769. Em 1792, construiu outra mais eficiente ainda que possuía sistema de engrenagens que tinham movimentos rotativos e que foram chamados de sol – e – terra (FORBES, 1958 apud TAVARES, 2018).

A conversão do movimento de vai e vem, gerado pelo pistão, em movimento de rotação possibilitou a introdução da máquina a vapor nas fábricas. A primeira introdução foi no setor têxtil, as primeiras máquinas de fiar usavam a energia humana para girar as engrenagens, essas foram substituídas pelas máquinas hidráulicas que usavam a queda d'água como fonte de energia para girar as rodas d'água, e por fim, essas foram substituídas pelas máquinas a vapor, o que aumentou e muito a produtividade das fábricas e a instalação das mesmas. Durante o século XIX a energia hidráulica foi substituída pela energia fornecida pelas caldeiras das máquinas a vapor, e número de fábricas foi aumentando, em 1850 a Inglaterra tinha mais de 4000 fábricas.

A máquina a vapor, também, ganhou espaço nos meios de transportes, graças a ela foi possível criar máquinas capazes de transportar grandes quantidades de cargas e pessoas, sem precisar da força animal. As locomotivas, também chamadas de *maria fumaça*, reduziram a distância entre cidades e o tempo de acesso a informação.

Em 1824 George Stephenson, construiu a *Locomotion N^o1* que foi a primeira locomotiva a transportar passageiros. É interessante ressaltar que como as locomotivas tinham grande massa e portanto alto momento linear era difícil manter uma velocidade satisfatória nas subidas e parar a mesma nas decidas, portanto nas construções de novas linhas férreas foi preciso um alto conhecimento em terraplanagem para fazer as linhas o mais planas possível. As ferrovias se espalharam por toda Inglaterra, Bélgica, França, ... e por outros continentes. Nos Estados Unidos, as ferrovias se estenderam por todos os estados, ligando as costas atlântica e pacífica.

No Brasil, a primeira locomotiva a vapor foi a “*Baroneza*” que circulou na Estrada de Ferro Petrópolis, que, a princípio, ligava o porto de Mauá a Frago, no Rio de Janeiro, inaugurada em 1854. No Maranhão, a primeira linha férrea foi inaugurada em 1921 a ferrovia “São Luís – Teresina”.

2.3 Rendimento de uma máquina térmica

As máquinas térmicas operam entre dois reservatórios que estão a temperaturas diferentes, basicamente ela recebe energia em forma de calor do reservatório de maior temperatura aumentando sua energia interna, transforma parte dessa energia em trabalho mecânico e rejeita o restante de energia para o reservatório de menor temperatura. O rendimento(η) ou eficiência dessas máquinas pode ser calculado pela razão entre a energia útil, trabalho realizado pela máquina(W), e a energia total recebida, o calor recebido do reservatório quente(Q_Q).

$$\eta = \frac{\text{energia útil}}{\text{energia total}} = \frac{W}{Q_Q} \quad (2.5)$$

Numa máquina ideal, máquina que não sofre atrito entre as engrenagens nem turbulência no fluido de trabalho, o trabalho pode ser definido como a diferença entre a energia recebida do reservatório quente(Q_Q) e a energia rejeitada para o reservatório frio(Q_F).

$$W = |Q_Q| - |Q_F| \quad (2.6)$$

Substituindo a equação (2.6) em (2.5), temos

$$\eta = \frac{|Q_Q| - |Q_F|}{|Q_Q|} \quad (2.7)$$

Ou

$$\eta = 1 - \frac{|Q_F|}{|Q_Q|} \quad (2.8)$$

Em 1824, Sadi Carnot (1796 – 1832), engenheiro e matemático francês, estudando a máquina a vapor, imaginou um modelo para uma máquina ideal. A máquina ideal de Carnot é

a máquina térmica de maior rendimento, segundo Carnot, a eficiência de uma máquina depende apenas da diferença de temperatura dos reservatório quente e frio. Dessa forma o rendimento de uma máquina de Carnot pode ser calculado pela equação

$$\eta_{ideal} = \frac{T_q - T_f}{T_q} \quad (2.9)$$

Ou

$$\eta_{ideal} = 1 - \frac{T_f}{T_q} \quad (2.10)$$

A variável T_q é a temperatura do reservatório “quente” e T_f corresponde a temperatura do reservatório “frio”. De acordo com a equação de Carnot, uma máquina térmica só atingiria o rendimento de 100%, que significa converter todo o calor recebido em trabalho mecânico, se o reservatório de menor temperatura estivesse a zero kelvin (0K) o que é impossível pois o zero absoluto não pode ser atingido.

Dessa forma a segunda lei da termodinâmica pode ter uma segunda interpretação. Segundo Hewitt (2002) quando é realizado trabalho por uma máquina térmica que opera entre duas temperaturas, T_q e T_f , pode ser convertido em trabalho apenas uma parte do calor fornecido na temperatura T_q , o restante é rejeitado a uma temperatura T_f .

2.4 Contexto regional

Em 1854 é marcada a chegada das ferrovias no Brasil com a inauguração do primeiro trecho da estrada de Ferro Petrópolis. Durante as próximas décadas, as linhas férreas foram adentrando o País, no Maranhão, a linha férrea São Luís Teresina foi concluída em 1929.

Ao final do século XIX, o Maranhão já apresentava a necessidade de um meio de transporte mais eficaz para escoar sua produção, do interior para a capital e, de lá, para fora do País. Entre os produtos podemos destacar o algodão, herança da política pombaliana, o coco babaçu, usado para fazer óleo vegetal na Europa e produtos mono faturados das fábricas como tecidos. Nessa época o Maranhão já apresentava uma relevância industrial.

Em 1895 ocupava o primeiro lugar entre os estados industriais o de Minas Gerais, com 37 fábricas, e o segundo, Maranhão, com 16. Estávamos acima da Capital Federal, do Rio de Janeiro, Bahia e São Paulo, que tinham respectivamente, 15, 14, 12 e 10. (FILHO, apud VIVEIROS, 1954. p. 49).

De acordo com a citação, o estado do Maranhão, no final do século XIX ocupava um lugar de destaque no processo de industrialização, porém o andamento desse processo foi interrompido. Segundo Filho (2015) a falta de uma série de fatores, que vão desde a incapacidade de articulação econômica do governo, tributação elevada, desqualificação da mão-de-obra, chegando até a falta de visão e de preparo (capacidade de gestão) da burguesia local, foi determinante para que o Maranhão não se firmasse como estado industrial desde o começo do século XX.

Segundo Neves, praticamente durante todo o século XIX e primeira década do seguinte, qualquer bem produzido no interior do Maranhão era despachado para São Luís apenas por via fluvial, especialmente pelo rio Itapecuru, que banha as regiões onde anteriormente se cultivava o algodão. Os grandes investimentos convertidos para a edificação das fábricas têxteis, no interior e na capital, pediam por planejamento e execução rápida de um projeto de transporte minimamente eficaz da matéria-prima. É nesse contexto que surge a “Estrada de Ferro São Luís – Caxias”.

Em 1905 foi sancionada a lei que determinava a construção de estrada de ferro São Luís – Caxias, obra que foi concluída somente em 1929. Na década de 30 foi feita a interligação entre as estradas de ferro São Luís – Caxias e Caxias – Cajazeiras, completando assim a linha férrea São Luís – Teresina.

A Ferrovia trouxe um certo avanço para a região pois facilitou o escoamento da produção, reduziu a distância entre as cidades, promoveu o transporte em massa de passageiros, criou e desenvolveu povoados ao longo da estrada de ferro e promoveu a migração de nordestinos que fugiam da seca. O cotidiano da viagem ao longo desse trilho é expresso em versos na letra da música “De Teresina a São Luís” do compositor João do Vale.

De Teresina a São Luís

João do Vale

Peguei o trem em Teresina
Pra São Luís do Maranhão
Atravessei o Parnaíba
Ai, ai que dor no coração!
O trem danou-se naquelas brenhas
Soltando brasa, comendo lenha
Comendo lenha e soltando brasa
Tanto queima como atrasa!

Tanto queima como atrasa!
 Bom dia Caxias,
 Terra morena de Gonçalves Dias:
 Dona Sinhá, avisa pra seu Dá,
 Que eu tô muito avexado
 Dessa vez não vou ficar.
 O trem danou-se naquelas brenhas
 Soltando brasa, comendo lenha,
 Comendo lenha e soltando brasa
 Tanto queima como atrasa!
 Tanto queima como atrasa!
 Boa tarde Codó, do folclore e do catimbó,
 Gostei de ver cabrochas de bom trato
 Vendendo aos passageiros
 "De comer" mostrando o prato.
 O trem danou-se naquelas brenhas
 Soltando brasa, comendo lenha
 Comendo lenha e soltando brasa
 Tanto queima como atrasa!
 Tanto queima como atrasa!
 Alô Coroatá, os cearenses acabam de chegar
 Pra meus irmãos uma safra bem feliz
 Vocês vão para Pedreiras e eu vou pra
 São Luis. O trem danou-se naquelas brenhas
 Soltando brasa, comendo lenha
 Soltando brasa, comendo lenha
 Comendo lenha e soltando brasa
 Tanto queima como atrasa!
 Tanto queima como atrasa!

Ao longo da letra João do Vale retrata uma viagem a bordo de uma locomotiva, como diz na passagem “Soltando brasa, comendo lenha”, em outra parte ele faz referência aos imigrantes nordestinos “Alô Coroatá, os cearenses acabam de chegar”, e por fim reclama da eficiência da máquina “Tanto queima como atrasa!”.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel é uma teoria que aborda a aprendizagem cognitiva. Entende-se como aprendizagem cognitiva como o armazenamento organizado de informações na mente do aprendiz.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação adquirida se relacione com uma estrutura cognitiva específica já existente, ancorando -se a ela. Essa estrutura cognitiva já existente é chamada, por Ausubel, de subsunçor que é o conhecimento prévio do aluno com relação ao tema abordado. É esse conhecimento prévio que vai permitir que o aluno dê significado à nova informação. Por exemplo no estudo dos gases em Termodinâmica, é muito mais fácil explicar o conceito de trabalho realizado por um gás para o aluno que já estudou sobre o trabalho mecânico realizado por uma força do que para quem está vendo o conceito de trabalho pela primeira vez. Ter o conhecimento de trabalho mecânico serve de subsunçor para o novo conteúdo e o aluno pode, facilmente, relacionar a força usada no trabalho mecânico com a pressão exercida pelo gás no trabalho termodinâmico.

Conforme as palavras do próprio Ausubel (1978, p. iv), suas ideias mais importantes propostas podem ser resumidas da seguinte forma: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influência a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo”. Sabemos igualmente que a aprendizagem significativa é progressiva, quer dizer, os significados vão sendo captados e internalizados progressivamente e nesse processo a linguagem e a interação pessoal são muito importantes. (Moreira, Caballero y Rodríguez Palmero, 2004).

Tipos de aprendizagem significativa

Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: *representacional*, *de conceitos* e *proposicional*.

A aprendizagem *representacional* é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras) como por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos, e nomear objetos.

A aprendizagem *de conceitos* é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos particulares, porém, diferencia-se da

representacional por não se tratar apenas de nomear; na aprendizagem conceitual o aprendiz percebe regularidades em objetos ou eventos, esses possuem atributos substanciais comuns, e podem ser representados pelos mesmos símbolos. trata-se de uma extensão da representacional, com um nível mais abrangente.

A aprendizagem *proposicional*, diferente da aprendizagem representacional, a tarefa é aprender o significado de ideias em forma de proposição. Promover uma compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos. Por exemplo o entendimento sobre algum aspecto social.

Formas de aprendizagem significativa

Pode-se, também, distinguir três formas de aprendizagem significativa: por *subordinação*, por *superordenação* e *combinatória*.

Aprendizagem por *subordinação* ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e ocupa uma posição de subordinação em relação a estrutura cognitiva já existente. Como exemplo temos o estudo de escalas termométricas, o aprendiz, ao receber essa nova informação, irá relaciona-la com o conceito de temperatura, já existente, após essa interação a nova informação adquire significado e se dispõe, na estrutura cognitiva, de forma subordinada ao conceito de temperatura.

Aprendizagem por *superordenação* ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e provoca uma reordenação na estrutura cognitiva já existente, o novo conhecimento passa a subordinar aquele que lhe serviu como âncora. Podemos citar, em Mecânica, no estudo da Segunda Lei de Newton, o aprendiz recebe a informação de que a *força resultante*, diferente de zero, provoca uma *aceleração* no corpo. Essa nova informação ao adquirir significado provoca uma reordenação na estrutura cognitiva preexistente, o conceito *aceleração*, que serviu de subsunçor, torna-se subordinado ao conceito *força resultante*.

Aprendizagem *combinatória* ocorre quando a nova informação adquire significado, após a interação com os subsunçores, e não subordina nem é subordinada pela estrutura cognitiva já existente. A nova informação se relaciona de forma geral com a estrutura já existente. O exemplo do trabalho termodinâmico se adequa nessa forma de aprendizagem, vimos que para dar significado ao trabalho termodinâmico, o aluno pode usar, como subsunçor, o conceito de trabalho mecânico. Quando o aluno assimila a nova informação, *trabalho*

termodinâmico, a mesma não subordina e não é subordinada pela estrutura cognitiva preexistente.

Os tipos e formas de aprendizagem, descrita por Ausubel, são compatíveis. A aprendizagem *de conceitos*, por exemplo, pode ocorrer por *subordinação*, por *superordenação* ou por *combinação*.

Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

Para Ausubel, a estrutura cognitiva é uma estrutura formada por conceitos inter-relacionados organizados numa estrutura hierárquica e dinâmica, dessa forma a nova informação, para ter significado, deve se relacionar com a estrutura existente. Quando o novo conceito adquire significado por subordinação, o subsunçor apresenta novo significado, tornando-se mais rico. Quando o processo se repete para um mesmo subsunçor ocorre a diferenciação progressiva do conceito preexistente (subsunçor).

A reconciliação integradora ocorre nas outras formas de aprendizagem significativa (superordenação e combinação). Conceitos já assimilados na estrutura cognitiva podem se relacionar e se reorganizar, a medida que novas informações ganham significado. Segundo Ausubel, a recombinação dos conceitos que já faziam parte a estrutura cognitiva é chamada de reconciliação integradora.

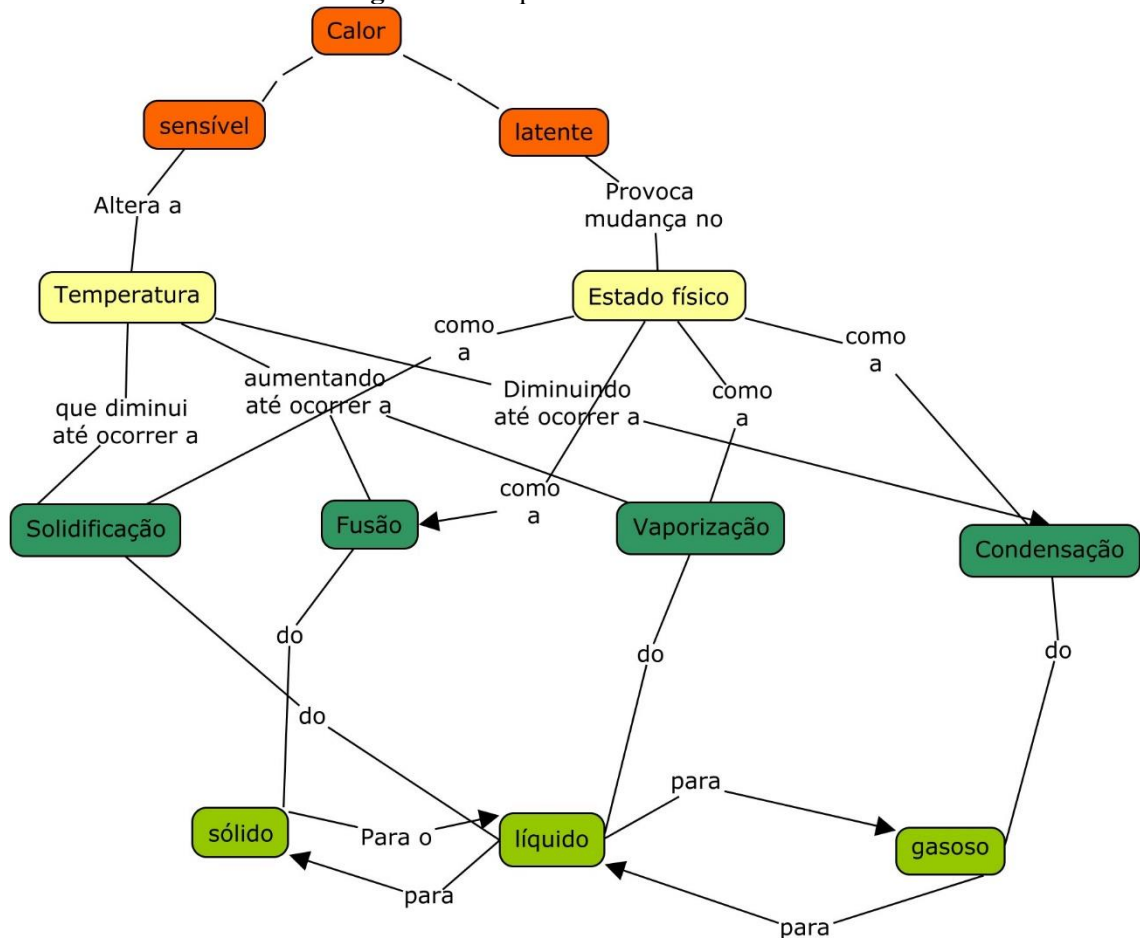
Os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora ocorrem em conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (2010) uma forma de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora é através dos “mapas conceituais”.

3.2 Mapas conceituais

O mapa conceitual, propostos por Joseph Novak, é uma ferramenta, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, com alto poder de facilitar, ou avaliar, o processo de ensino aprendizagem. São diagramas que indicam relações significativas entre conceitos, essas relações são chamadas de proposições, em que dois conceitos são “ligados” por uma palavra de ligação formando uma unidade semântica. É importante destacar, que os mapas conceituais são esquemas hierárquicos, seguindo uma estrutura de pirâmide, onde o conceito mais geral, mais inclusivo, deve estar no topo do mapa. Na **figura 1** temos um modelo

de mapa conceitual do calor, classificando – o quanto ao efeito provocado num sistema, como geralmente os livros textos apresentam.

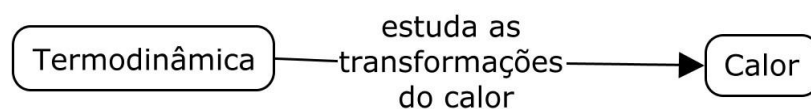
Figura 1 – Mapa conceitual sobre calor



Fonte: Autor, 2018

As estruturas de proposição são formadas por dois ou mais conceitos ligados por uma palavra ou frases formando uma unidade semântica, um exemplo pode ser visto na **figura 2**, onde as palavras (conceitos) Termodinâmica e calor relacionadas pela frase se ligam dando origem a uma estrutura semântica.

Figura 2 – Modelo de proposição



Fonte: Autor, 2018

4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO

4.1 Roteiro para aplicação de mapas conceituais

A estratégia de aplicação de mapas conceituais aqui apresentada foi elaborada a partir das estratégias sugeridas por Novak, na sua obra aprender a aprender, e por observações feitas a partir das experiências adquirida durante as aplicações em sala de aula. O roteiro, trata-se de uma sugestão de aplicação, ficando a critério do docente usá-lo ou não.

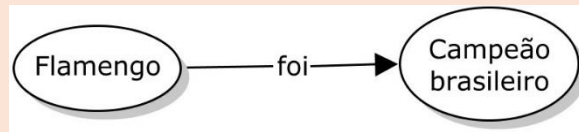
Vamos partir da situação em que os alunos não conhecem os mapas conceituais. Nessa perspectiva é importante que o professor faça uma apresentação dessa ferramenta, explicando sua estrutura hierárquica e as estruturas de proposições. Nessa altura alguns alunos relacionam essa ferramenta a outros esquemas conceituais, como mapas mentais e fluxograma, o docente deve estar atento, identificar tais situações e explicar a diferença entre esses esquemas de organização de conceitos.

Diante da pequena carga horária a qual os professores de física têm para concluir o currículo de cada série do ensino básico, desenvolvemos esse roteiro para a elaboração de 04 (quatro) mapas conceituais, em encontros (aulas), distintos seguidos ou não, de tal forma que a implementação deste roteiro não comprometa o desenvolvimento das atividades pois o mesmo é aplicado no decorrer da sequência didática, podendo ser usado em outros conteúdos no decorrer das aulas.

A descrição dos encontros, com as estratégias utilizadas, está organizado em tabelas que apresentamos a seguir.

Estratégias para aplicação de mapas conceituais – primeira aula

PRIMEIRO MOMENTO	
1	O professor deve fazer uma apresentação, por slides ou em televisores pois a visualização é muito importante, explicando a estrutura hierárquica do mapa e sua estrutura de proposição.
2	O professor deve dar exemplos de como montar uma proposição válida, para isso ele pode usar uma frase simples e a partir dela montar a proposição.
3	Ex: “O Flamengo foi campeão brasileiro”



4 Feito isso o professor deve explicar como identificar conceitos, lembre-se que os conceitos são palavras que têm um ou mais significados e pode ser relacionada com outros conceitos, nomes próprios não são considerados conceitos.

5 O professor deve fazer uma lista com poucos, conceitos (carro, árvore, livro, etc.) e perguntar aos alunos em que eles pensam quando escutam cada uma dessas palavras, depois disso, anote essas as palavras ditas pelos alunos no quadro, em seguida pergunte aos alunos que palavra eles usariam para “ligar” os conceitos. Monte as proposições segundo as orientações dos alunos. Até agora não estão produzindo, estão apenas participando de forma oral.

SEGUNDO MOMENTO

1 Escolha parte de um texto, pode ser do próprio livro didático, e peça para que os alunos identifiquem os conceitos importantes. Anote esses conceitos no quadro.

2 Peça para os alunos construírem o primeiro mapa conceitual.

3 Recolha a produção dos alunos e avalie, num momento extra classe.

TERCEIRO MOMENTO

1 Identifique se o mapa apresenta uma estrutura ramificada

2 Identifique se os níveis de hierarquia estão corretos

3 Identifique se as proposições são válidas

4 Faça observações nos mapas produzidos

Fonte: Autor, 2018

Os mapas produzidos durante a primeira aula, em geral, apresentam erros. Alguns não fazem o menor sentido, porém é um resultado esperado pois é o primeiro deles contato com essa ferramenta. É interessante que alguns alunos, que normalmente se destacam, sentem dificuldade nessa atividade enquanto outros, que normalmente não apresentam um bom desempenho, acabam se destacando.

Estratégias para aplicação de mapas conceituais – segunda aula

PRIMEIRO MOMENTO	
1	Entregue os mapas conceituais, já “corrigidos”
2	Apresente um mapa feito com os mesmos conceitos, por você (docente), que sirva de modelo para a correção
3	Crie um debate na sala sobre os erros mais comuns que foi observado, nesse momento o professor pode perguntar onde os alunos encontraram a maior dificuldade
SEGUNDO MOMENTO	
1	Retire a imagem do mapa modelo
2	Peça para os alunos refazerem o mapa que foi entregue, corrigido, para eles. Sugira que coloquem conceitos que não estão na lista mas tem relação com o tema.
3	Recolha a atividade

Fonte: Autor, 2018

Refazer o mapa conceitual é uma atividade muito produtiva, pois facilita a construção do mapa, principalmente para os alunos que tiveram maior dificuldade no primeiro encontro, já que muitas dúvidas foram esclarecidas a respeito da produção deste mapa, além do que os alunos já visualizaram um mapa construído de forma correta, logo algumas das relações ainda estão presentes na memória. Quanto aos alunos que apresentaram um mapa satisfatório, reconstruir o mapa adicionando conceitos que não estão listados aumenta o nível de dificuldade.

Estratégias para aplicação de mapas conceituais – terceira aula

PRIMEIRO MOMENTO	
1	Entregue um texto para os aluno relacionado com o tema trabalhado em sala
2	Peça para eles fazerem uma lista com os conceitos importantes
3	Peça para eles ordenarem a lista, do conceito mais geral para o mais específico
4	Peça para eles elaborarem um mapa conceitual
5	Recolha o mapa conceitual

Fonte: Autor, 2018

Essa etapa é de total autoria dos alunos, o professor entrega o texto, pede para os discentes fazerem um mapa conceitual respeitando o processo de produção visto em sala (montar uma lista, ordenar a lista e construir o mapa), durante a confecção do mapa é aconselhável que o professor ande pela turma para tirar dúvidas.

Estratégias para aplicação de mapas conceituais – quarta aula

PRIMEIRO MOMENTO	
1	Entregue os mapas conceituais, já “corrigidos”
2	Apresente um mapa feito com os mesmos conceitos, por você (docente), que sirva de modelo para a correção
3	Crie um debate na sala sobre os erros mais comuns que foi observado.
SEGUNDO MOMENTO	
1	Peça para os alunos fazerem um mapa conceitual resumindo um conteúdo significativo, como eletrostática, dinâmica, estudo dos gases. Pode ser um conteúdo visto no período anterior, o interessante, nesse caso é que o aluno faz uma revisão do assunto, ou o conteúdo que o professor desenvolveu, no bimestre, até o momento.

Fonte: Autor, 2018

Caso queira, o professor, pode deixar o segundo momento desse encontro para uma próxima aula ou até mesmo como uma atividade no final do período, desse forma ajudaria a preparar o aluno para a prova bimestral pois o mesmo revisaria o assunto para confeccionar o mapa. A entrega desse mapa, corrigido, ocorrerá em outra aula, a escolha do professor.

4.2 Metodologia de aplicação

A sequência didática (SD) é um conjunto de atividades encadeado de passos e etapas ligadas entre si para tornar mais eficiente o processo de aprendizado.

“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.” (ZABALA, 1998, p. 18. grifos do autor).

Nesta sessão apresentaremos a sequência didática desenvolvida para este produto educacional.

Visão geral da sequência didática (Temas abordados em cada encontro)

SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Disciplina	Física
Nº de encontros	07 encontros
Tema gerador	Máquinas térmicas
Subtema	Máquinas a vapor
Encontro 01	Apresentação da proposta
Encontro 02	Máquina a vapor e sua importância histórica
Encontro 03	Ferrovia São Luís – Teresina
Encontro 04	Leis da termodinâmica
Encontro 05	Rendimento das máquinas térmicas
Encontro 06	Motor quatro tempos e geração de energia elétrica
Encontro 07	Experimento
Encontro 08	Avaliação final

Fonte: Autor, 2020

Vamos abordar os encontros, separadamente, para facilitar a aplicação do mesmo. A seguir apresentamos o detalhamento de cada encontro.

Detalhamento do primeiro encontro

ENCONTRO 01
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS
- Compreender a proposta apresentada pelo professor - Concordar com regras estabelecidas para o bom desenvolvimento das atividades - Construir um mapa conceitual
ESTRUTURA DA AULA
- O professor iniciará a aula fazendo uma apresentação, em slides, da sequência didática. Nesse momento é importante que o discente explique de forma clara como serão os encontros seguintes e como será a avaliação desses encontros - Após a apresentação da sequência didática, o professor ensinará os alunos a produzirem um mapa conceitual. Para isso, o professor deve utilizar um texto de sua escolha, e seguir as etapas, apresentadas, no item “produção de mapa conceitual”. - Após a confecção do mapa conceitual o professor deve recolher a produção. Quando for corrigir os mapas é importante identificar as proposições inválidas

Fonte: Autor, 2018

Para a elaboração do mapa de referência, sugiro a utilização do software *Cmap Tools*, trata-se de um programa muito útil, pois apresenta uma interface limpa e bem intuitiva. Usando esse software, a qualidade dos mapas conceituais produzidos melhora bastante.

Detalhamento do segundo encontro

ENCONTRO 02	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Identificar uma máquina térmica
•	Entender sua funcionalidade
•	Compreender a importância das máquinas térmicas para o desenvolvimento da humanidade
•	Esclarecer dúvidas quanto a produção de mapas conceituais
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula retomando a atividade do último encontro, para isso, deve apresentar um modelo de mapa construído por ele, entregar os mapas dos alunos, corrigidos, e debater sobre os principais erros encontrados. Feito isso, o professor deve pedir para os alunos refazerem o mapa, em outra folha e entregar novamente ao professor. (25 min).
•	Em seguida, o professor deve apresentar um vídeo, curto, sobre uma máquina térmica em funcionamento, comentar o mesmo e levantar algumas questões motivadoras (como “por que a máquina para quando o fogo apaga?”). Após um breve debate, motivado pelas perguntas do professor, o docente deve iniciar uma apresentação, expondo a importância dessas máquinas para o desenvolvimento da sociedade. O professor fará uma apresentação em slides. (25 min).

Fonte: Autor, 2018

A escolha do vídeo para esse encontro é muito importante pois se o vídeo for longo, pode comprometer a parte final da aula, como sugestão, indico o vídeo Instituto Céos - Máquina à Vapor Modelo de Vidro disponível no endereço https://www.youtube.com/watch?v=5Eldtu9g_8k, a figura 1 é uma foto da tela (*print*) inicial do vídeo. O vídeo em questão tem apenas 2min17s.

Imagem do vídeo utilizado na aplicação da SD



Fonte: INSTITUTO CÉOS. Máquina a vapor modelo de vidro, 2018

Detalhamento do terceiro encontro

ENCONTRO 03	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Responder o questionário de perguntas abertas
•	Construir o terceiro mapa conceitual
•	Conhecer um pouco da história da linha férrea São Luís Teresina
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula retomando o último mapa conceitual produzido, para isso, deve entregar os mapas dos alunos, corrigidos, e promover um breve debate
•	Após a entrega dos mapas, o professor deve reproduzir a música “de Teresina a São Luís” do mestre João do Vale e indagar se a letra traz alguma referência que eles conhecem. Feito isso, o professor iniciará uma breve apresentação, por slides, sobre a linha férrea que ligava a capital do Maranhão com a capital do Piauí. Nessa apresentação é importante ressaltar o motivo da implementação da ferrovia.
•	Após essa apresentação, o professor entregará a terceira atividade aos alunos, trata-se de um texto com três questões. A última questão é o terceiro mapa conceitual.
•	Ao final da aula o professor deve recolher a atividade

Fonte: Autor, 2018

A música utilizada é uma produção regional criada pelo compositor maranhense João do Vale. A música “de Teresina a São Luís” retrata o cotidiano da vigem feita a bordo de uma locomotiva que percorria a linha férrea São Luís – Teresina. Caso queira, o docente pode substituir essa produção artística por outra que retrate melhor a realidade da sua região.

Detalhamento do quarto encontro

ENCONTRO 04	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Entender o conceito de energia interna
•	Compreender a primeira lei da termodinâmica
•	Entender a segunda lei da termodinâmica
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula retomando a atividade do último encontro, para isso, deve apresentar um modelo de mapa construído por ele, entregar os mapas dos alunos, corrigidos, e debater sobre os mesmos.
•	Em seguida, introduzirá os conceitos de energia interna e primeira lei da termodinâmica. É importante que o professor relacione esses conceitos com as máquinas térmicas;
•	Por fim, o professor apresenta a segunda lei da termodinâmica aos alunos

Fonte: Autor, 2018

Uma forma interessante de abordar esses temas é relacionando-os com o tema central, uma vez que o conceito de energia interna já estiver definido, fica fácil associar a primeira lei a uma máquina a vapor. O calor fornecido, pela fornalha a caldeira, faz com que ela aumente sua energia interna e produza trabalho mecânico $Q = \Delta U + W$, é claro que no processo ela também perde energia em forma de calor para o reservatório frio mas isso você pode deixar para o próximo encontro quando for tratar do rendimento dessas máquinas.

Detalhamento do quinto encontro

ENCONTRO 05	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Entender o que é o rendimento de uma máquina
•	Aprender a calcular o rendimento de uma máquina térmica
•	Fazer a atividade fornecida pelo professor
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula explicando o conceito de rendimento
•	Em seguida, deve ensinar como calcular o rendimento de uma máquina térmica, e resolver, no quadro, um exemplo para a fixação.
•	Após a resolução do exemplo, o professor deve entregar aos alunos uma atividade com questões de rendimento e leis da termodinâmica. Se der tempo, o professor pode fazer a correção no quadro.

Fonte: Autor, 2018

Para essa atividade, sugerimos que as questões sejam discursivas, dessa forma podemos avaliar melhor o aprendizado do aluno. Como essa atividade envolve um raciocínio matemático, aconselhamos que a mesma seja feita em dupla, caso a turma tenha baixo nível em matemática básica.

Detalhamento do sexto encontro.

ENCONTRO 06	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Entender o funcionamento de um motor quatro tempos
•	Entender o funcionamento de uma termoeletrica
•	Entender o significado das bandeiras vermelha, amarela e verde na conta de energia.
ESTRUTURA DA AULA	
•	O professor deve iniciar a aula retomando o encontro anterior, em seguida deve levantar algumas perguntas para motivar os alunos a participarem. Ex: Como funciona o motor de um carro? Por que quando a gasolina acaba, o motor para de funcionar? Como uma usina termoeletrica transforma calor em energia elétrica?
•	Depois das questões provocadoras, o professor deve reproduzir uma animação do motor funcionando. E para explicar, deve exibir uma imagem com os quatro tempos do motor (admissão, compressão, explosão e exaustão);
•	Após a explicação do funcionamento do motor quatro tempos, o professor deve iniciar a explicação das usinas termoeletricas;
•	Por último o professor deve relacionar o uso das termoeletricas com a cor das bandeiras tarifárias para o consumo de energia
•	Ao final da aula, o professor deve enviar um vídeo mostrando como fazer a usina térmica. Este ponto é importante pois os alunos já terão uma ideia do que vão fazer no próximo encontro.

Fonte: Autor, 2018

Uma animação interessante, de um motor 4 tempos, está disponível no YouTube, o vídeo, de 50 segundos, tem o seguinte título “Animação 3D – Motor 4 Tempos (3D 4 Stokes Engine)”

Detalhamento do sétimo encontro

ENCONTRO 07	
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS	
•	Construir uma usina térmica
•	Relacionar os componentes da usina com componentes de uma máquina a vapor

Entender o funcionamento da usina
ESTRUTURA DA AULA
O professor iniciará explicando como vai ser a dinâmica da aula aos alunos, com o intuito de manter eles menos agitados, deverá explicar que durante a aula prática uma equipe não pode atrapalhar a outra, as equipes só iniciarão o trabalho após o aval do professor e que deverão seguir a risca o roteiro e as orientações do professor.
O professor distribuirá o roteiro da experiência e os alunos começarão a montagem, cada grupo será subdividido em 2 equipes, uma ficará responsável pela construção da caldeira e da base para a mesma, a outra ficará responsável pela confecção da turbina.
Faltando 10 minutos para encerrar a aula o professor deve interromper a atividade, reorganizar a sala e pedir para as equipes continuarem com a construção do projeto em casa.

Fonte: Autor, 2018

Nesse encontro é importante que o professor esteja atento para evitar acidentes pois, entre os materiais necessários, serão utilizados materiais cortantes, inflamáveis e pontiagudos.

Durante a atividade o professor deve visitar as equipes para averiguar se estão seguindo o roteiro corretamente, caso contrário alguns problemas podem aparecer, por exemplo, se o aluno fizer um furo muito grande na latinha, o vapor sai com pouca energia cinética dessa forma a turbina não gira. E atenção na hora de acrescentar combustível ao fogareiro, para não causar acidentes, antes de colocar o álcool, certifique-se que o fogareiro esteja apagado, acrescente o álcool e acenda novamente o fogareiro.

Detalhamento do oitavo encontro

ENCONTRO 08
OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS PELOS ALUNOS
Responder as perguntas do questionário elaborado pelo professor
Produzir o mapa conceitual 04
ESTRUTURA DA AULA
O professor deve iniciar a aula retomando o encontro anterior, para isso, ele pedirá as equipes que ponham para funcionar as usinas térmicas.
Em seguida o professor deve fazer uma breve revisão do que foi visto na sequência didática.
Em seguida aplicará a última atividade. Trata-se de dois momentos, o primeiro é presencial, um questionário com perguntas abertas voltadas para a aula experimental. O segundo é um mapa conceitual que deverá ser entregue no próximo dia útil.

Fonte: Autor, 2018

Com o questionário de perguntas abertas o professor pode avaliar se o aluno está relacionando de forma correta os conceitos. Para a produção do último mapa conceitual, foi dado um tempo de um dia, esse intervalo de tempo é necessário. O objetivo dessa atividade é que o jovem pesquise o

significado dos conceitos ele tem dúvida para poder fazer as relações corretas. A seguir apresento um modelo de questionário e a proposta do último mapa a ser produzido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de uma sequência pedagógica para o ensino de máquinas térmicas com o foco na sua importância histórica é relevante pois não encontramos material que aborde o tema com essa perspectiva. Os livros didáticos trazem esse conteúdo separadamente. A forma como esse tema foi abordado neste material coloca a Física na história da sociedade mudando o estereótipo dessa disciplina.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel associada aos mapas conceituais de Joseph Novak facilita bastante o processo de ensino aprendizagem o por isso o material é fundamentado nas obras desses pensadores.

Durante a aplicação deste material, é importante que o professor avalie a realidade dos seus alunos e de sua região para que, se possível, traga para os encontros situações mais próximas aos seus alunos, uma dica é pesquisar a “Maria-Fumasa” e termoelétricas que foram implementadas na sua região.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BRASIL. MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. **LDB – Lei nº 9394/96**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

BEZERRA, D. P. **Estudo sobre os processos físicos envolvidos nos motores que utilizam como combustíveis óleos (Ciclo Diesel)**. Estudo sobre a Viabilidade da “Ottonização” do Ciclo Diesel. Brasília, 2007.

FEYMAN, R. P. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FERRAZ, A.P; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom: revisão** teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2020.

FILHO, J. **Formação econômica do maranhão: superexploração e estado oligárquico como entraves ao desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/pdfs/eixo1/formacao-economica-do-maranhao-superexploracao-e-estado-oligarquico-como-entraves-ao-desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2020.

GOMES, L. A. ascensão e queda da teoria do calórico. **Cad. Bras. Ens. Fís.** UFSC, Florianópolis, dez. 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

JUNIOR, N. **Da revolução à conscientização: o que é zero absoluto**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-zero-absoluto.html>. Acesso em: 26 nov. 2018.

NEVES, D. **Ferrovia São Luís – Teresina: história e cultura.** Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/VI_coloquio_t6_ferrovia_sao_luis_teresina.pdf. Acesso em: 29 fev. 2020.

O QUE É ZERO ABSOLUTO. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-zero-absoluto.html>. Acessado em 26 nov. 2018.

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

PASSOS, J. C.; **Carnot e a Segunda Lei da Termodinâmica.** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/76072560/Artigo-Carnot-e-a-Segunda-Lei-Da-Termodinamica>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SILVA, A. P. B.; OLIVEIRA, M. M. **A sequência didática interativa como proposta para formação de professores de matemática.**

SILVEIRA, F. L.; **Máquinas térmicas à combustão interna de otto e de diesel.** Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/maqterm.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2018.

SPROULE, A. **Personagens que mudaram o mundo: James Watt.** Globo: São Paulo, 1992.

TAVARES, L. A. **James Watt: a trajetória que levou ao desenvolvimento da máquina a vapor vista por seus biógrafos e homens de ciências.** Dissertação de mestrado em História da Ciência. São Paulo, 2018.

TIPLER, P. A. **Física para Cientistas e Engenheiros**, v.1: Mecânica, Oscilações e Ondas. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar.** Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE B – ATIVIDADES

Nesta sessão apresentamos atividades a serem desenvolvidas em alguns dos encontros, assim como as respostas esperadas em cada atividade. As atividades estão organizadas em sessões, cada sessão corresponde a um determinado encontro.

Atividade: Uso de um texto científico para responder questões abertas e construção de um mapa

Da evolução à inteligência artificial das máquinas

As máquinas térmicas que utilizam a transformação do calor (forma de energia) compreendida entre duas fontes de temperaturas diferentes, foram inventadas em 1712 pelo inglês Thomas Newcomen, que conseguiu criar uma máquina autônoma, que funcionava por meio do aproveitamento do vapor para produzir trabalho mecânico, obedecendo às leis da transformação de energia.

O motor a vapor deu um grande passo em direção à revolução industrial, tirando o homem do centro da relação capital trabalho, passando a ser o operador e o alimentador das máquinas.

Nesse período, o homem, movido pela pressa capitalista em produzir cada vez mais no menor tempo possível, passa estabelecer a primeira relação efetiva de familiaridade e de proximidade com as máquinas, tanto na condição de operador quanto de mantenedor.

Neste período, a humanidade desenvolveu-se rapidamente, pois a mecanização do trabalho desempenhou um papel fundamental, provocando mudanças profundas no cotidiano da sociedade, podendo ser considerado o precursor do que conhecemos hoje como a era das máquinas e robôs.

A máquina a vapor e a transformação da energia térmica em energia mecânica foram as responsáveis pela Revolução industrial, que teve início no século XVIII estendendo-se até o século XIX, momento em que toda produção manual foi substituída pela mecanização. Com a chegada da eletricidade, ocorrida na metade do século XIX, a produção em massa se torna possível, dando início a segunda revolução industrial.

(...).

Jornal “O Estado”. Artigo publicado dia 16/12/2018

Responda as questões

01. Explique, com suas palavras, o que é uma máquina térmica? E dê exemplo de máquinas térmicas contemporâneas.

02. Escreva um texto, de no máximo oito linhas, que revele a importância da máquina a vapor para o desenvolvimento da sociedade.

03. Retire do texto conceitos que você considera importante, organize essas palavras numa lista, se preferir acrescente conceitos, e construa um mapa conceitual com esses conceitos.

Grade de respostas esperadas da atividade

Questão 01 - *Explique, com suas palavras, o que é uma máquina térmica? E dê exemplo de máquinas térmicas contemporâneas.*

Resposta 1: É um dispositivo (máquina, sistema mecânico, etc) que, operando em ciclos, converte parte do calor recebido em trabalho mecânico. Como exemplo temos, os motores de combustão interna nos carros, as turbinas dos aviões e a máquina a vapor usada nas usinas termoeletricas.

Resposta 2: É uma máquina que transforma calor em movimento. Exemplo o carro, avião e termoeletricas.

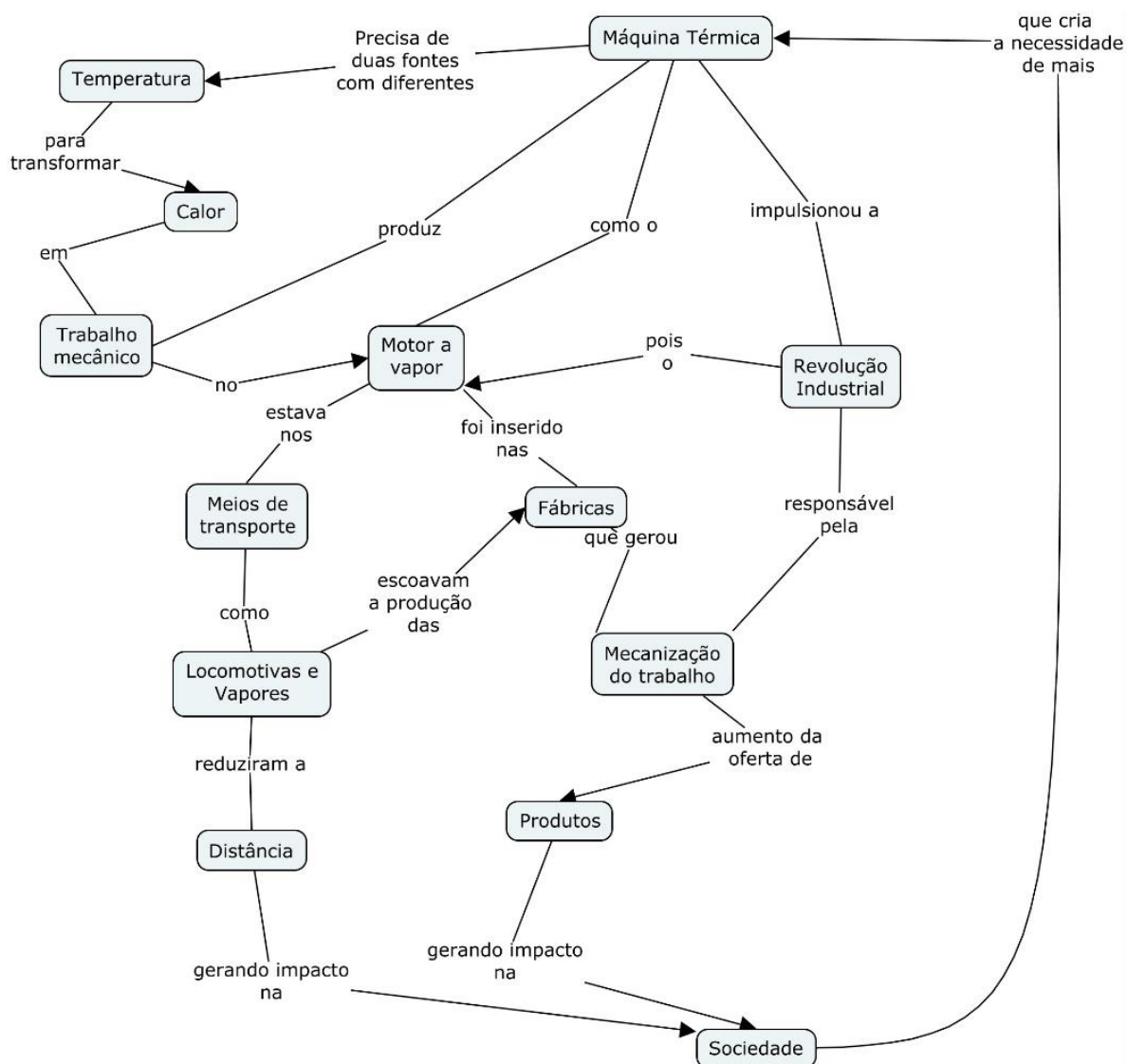
Questão 02 - *Escreva um texto, de no máximo oito linhas, que revele a importância da máquina a vapor para o desenvolvimento da sociedade.*

Resposta: No texto produzido pelo aluno, deve conter os seguintes fatos; alavancou a revolução industrial, revolucionou os meios de transporte, e amplamente utilizada na geração de energia elétrica.

Questão 03 - *Retire do texto conceitos que você considera importante, organize essas palavras numa lista e construa um mapa conceitual com esses conceitos.*

Resposta: Máquinas térmicas, calor, energia, temperatura, Trabalho Mecânico, motor a vapor, revolução industrial, mecanização do trabalho, sociedade

Modelo de mapa conceitual para a atividade do terceiro encontro



Fonte: Autor, 2018

Para facilitar a construção do mapa conceitual, deixe o aluno livre para inserir outros conceitos.

Atividade: Cálculo de rendimento de máquinas térmicas

Questão 01 - Qual é o rendimento ideal do motor de um automóvel em que o combustível é queimado a 2.700 K e o ar sai do cano de descarga a 270 K?

Questão 02- Calcule o rendimento de Carnot para uma usina otec que opera sob uma diferença de temperatura entre a água profunda a 4°C e a água superficial a 25°C.

Questão 03 - O rendimento de uma máquina térmica é uma relação entre a energia transformada em trabalho e a energia absorvida da fonte quente. Uma máquina térmica teórica retira 1 000 J da fonte quente e rejeita 800 J para a fonte fria. O rendimento dessa máquina, em porcentagem, é:

Questão 04 – Qual seria o rendimento ideal de uma máquina térmica se seus reservatórios quente e frio estivessem na mesma temperatura – digamos, 400 K?

Grade de respostas esperadas da atividade

Questão 01. Resposta;

$$\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q} = \frac{2700 - 270}{2700} = \frac{2430}{2700} = 0,9 \text{ ou } 90\%$$

Questão 02. Resposta;

$$T_q = 273 + 25 = 298K$$

$$T_f = 273 + 4 = 277K$$

$$\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q} = \frac{298 - 277}{298} = \frac{21}{298} = 0,070 \text{ ou } 7\%$$

Questão 03. Resposta;

$$\eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} = \frac{1000 - 800}{1000} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ ou } 20\%$$

Questão 04. Resposta;

$$\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q} = \frac{400 - 400}{400} = 0$$

A máquina térmica realiza trabalho a partir do calor recebido de um reservatório quente. Como os dois reservatórios estão sob a mesma temperatura, a máquina não recebe calor, logo não realiza trabalho, portanto, tem rendimento nulo.

Atividade em grupo: Experiência

Roteiro para a construção de uma usina térmica

Usina térmica



Fonte: Dados da pesquisa, 2018

Roteiro de experiência

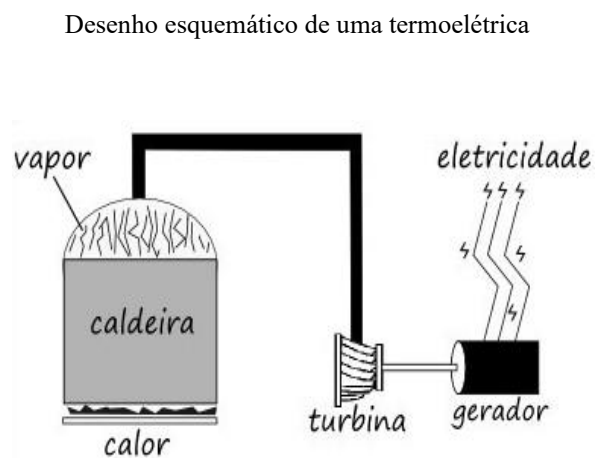
MATERIAIS	
•	Uma lata de refrigerante cheia
•	Uma lata de refrigerante vazia ou lata de sardinha vazia
•	Uma tábua de madeira
•	Durepoxi
•	4 pregos grandes para fazer o suporte da latinha
•	Papel cartão para confecção da turbina
•	Fósforo
•	Martelo
•	Prego bem fino
PROCEDIMENTOS	
•	Para fazer a caldeira faça um furo, bem pequeno, na lata, com a ponta do prego bem fino, e esvazie a mesma
•	Insira água na lata que foi esvaziada até um terço do volume total
•	Sobre a tábua de madeira, fixe os 4 pregos fazendo um suporte para a latinha. Este suporte deve ter a altura suficiente para que o fogareiro seja colocado sob a caldeira
•	Apoie a caldeira horizontalmente na base de pregos.
•	Para a construção do fogareiro, corte o fundo da latinha vazia
•	Coloque o fogareiro entre a caldeira e a base
•	Para a construção da turbina, utilize uma cortiça, papel cartão (ou plástico de pastas) e uma haste de arame
•	Coloque a turbina numa armação, ajustando a altura para que coincida com o furo da caldeira
•	Acenda o fogareiro

Fonte: Autor, 2018

Atividade referente ao oitavo encontro

Questionário sobre a atividade experimental e elaboração do último mapa conceitual

Usina térmica feita em sala



01. Quais as dificuldades você encontrou durante a execução da atividade experimental?

02. Durante a retirada do líquido de dentro da latinha, o professor pediu para você agitar a lata, com o orifício tampado, para acelerar o processo. Explique, com suas palavras, por que isso acontece?

03. Identifique que elementos do experimento correspondem a caldeira, fornalha e turbina. Qual a função da fornalha?

04. Explique o funcionamento do experimento usina térmica, identificando a fonte quente, fonte fria e o trabalho realizado.

Mapa conceitual 04

Ao longo da sequência didática, trabalhamos vários temas interessantes, todos relacionados as máquinas térmicas. Como atividade final, elabore, em casa, um mapa conceitual que resumo de tudo o que você aprendeu ao longo dos encontros. Essa atividade deve ser entregue no próximo dia útil.

Grade de respostas esperadas da atividade

Questão 01 - *Quais as dificuldades você encontrou durante a execução da atividade experimental?*

Resposta: pessoal

Questão 02 - *Durante a retirada do líquido de dentro da latinha, o professor pediu para você agitar a lata, com o orifício tampado, para acelerar o processo. Explique, com suas palavras, por que isso acontece?*

Resposta: O gás carbônico se desprende do líquido aumentando a pressão interna. Dessa forma, o líquido é empurrado com mais força.

Questão 03 – *Identifique que elementos do experimento correspondem a caldeira, fornalha e turbina. Qual a função da fornalha?*

Resposta: Caldeira é a latinha com água; fornalha é o fogareiro, turbina é cortiça com palhetas de papel cartão.

Questão 04 - *Explique o funcionamento do experimento usina térmica, identificando a fonte quente, fonte fria e o trabalho realizado.*

Resposta: A usina térmica construída é um tipo de máquina a vapor, recebe calor da fonte quente (fogareiro), transforma parte dessa energia em trabalho (a cortiça começa a girar) e o restante da energia é dissipada para o ambiente externo (fonte fria).