



Mestrado em Ensino de Física



Produto educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MÁQUINAS TÉRMICAS

Gabriel Ferreira

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	6
2 TÓPICOS DE TERMODINÂMICA	7
2.1 Leis da Termodinâmica	7
2.2 Breve histórico das máquinas térmicas	8
2.3 Rendimento de uma máquina térmica	10
2.4 Contexto regional	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Aprendizagem significativa.....	14
3.2 Mapas conceituais	17
4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO.....	19
4.1 Roteiro para aplicação de mapas conceituais	19
4.2 Metodologia de aplicação.....	23
4.3 Atividades.....	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

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 muito 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 térmica, 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 Fragoso, 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 influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue 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).

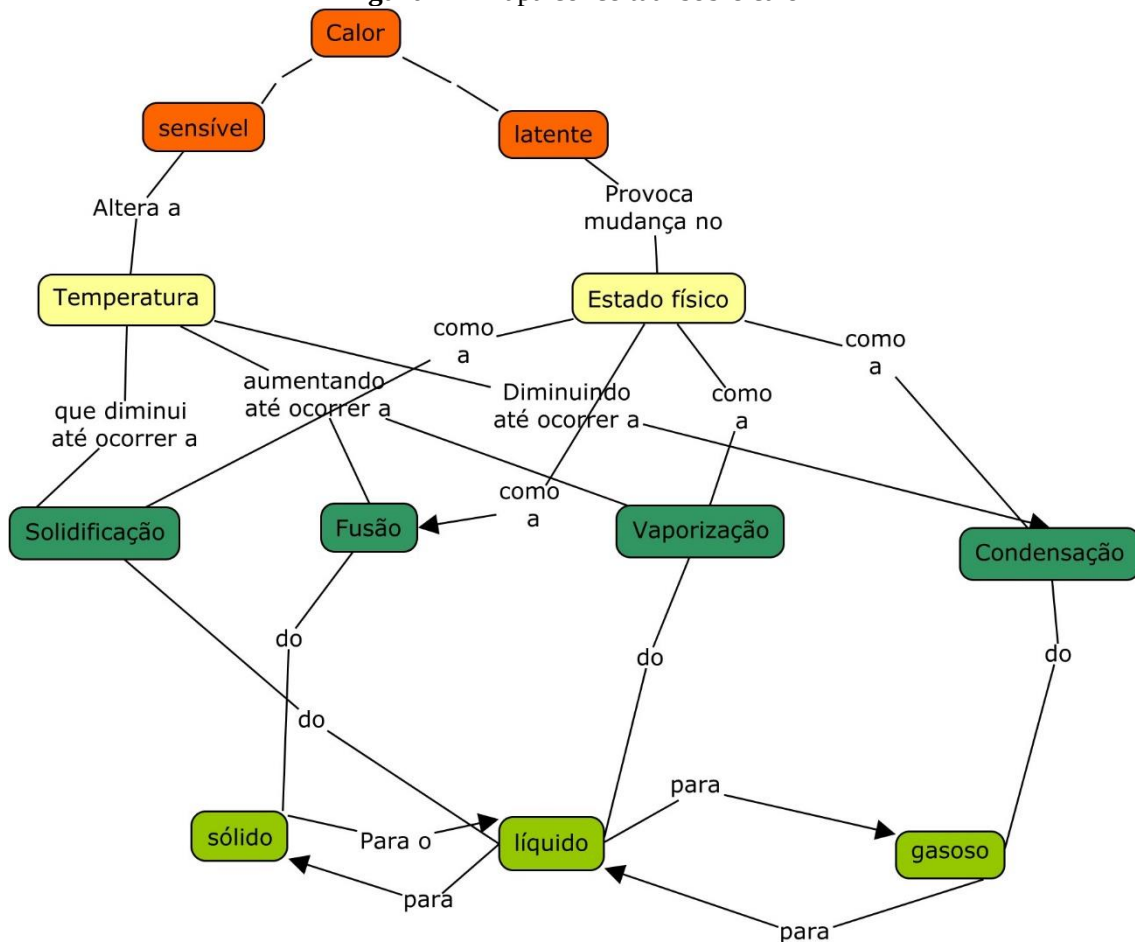
A reconciliação integradora ocorre nas outras formas de aprendizagem significativa (superordenação e combinação). Conceitos já assimilados na estrutura cognitiva podem se relacionar e se reorganizar, a medida que novas informações ganham significado. Segundo Ausubel, a recombinação dos conceitos que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

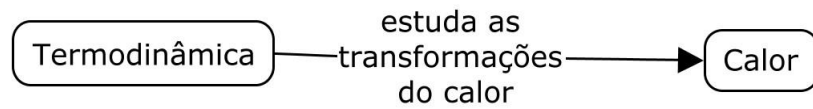
Figura 1 – Mapa conceitual sobre calor



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 prender*, 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, estão organizados em tabelas que apresentamos a seguir.

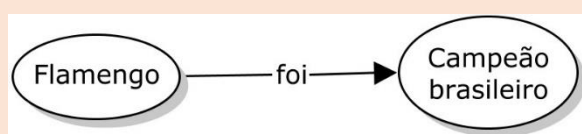
Estratégias para aplicação de mapas conceituais – primeira aula

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

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 alunos 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.

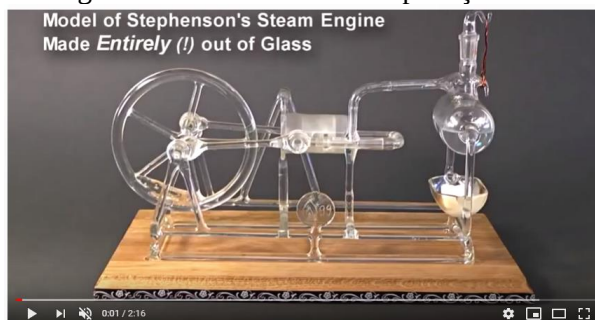
Detalhamento do segundo encontro

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 indaga 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 termoelétrica
•	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 termoelétrica 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 termoelétricas;
•	Por último o professor deve relacionar o uso das termoelétricas 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.

4.3 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.

Atividades referentes ao terceiro encontro

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.

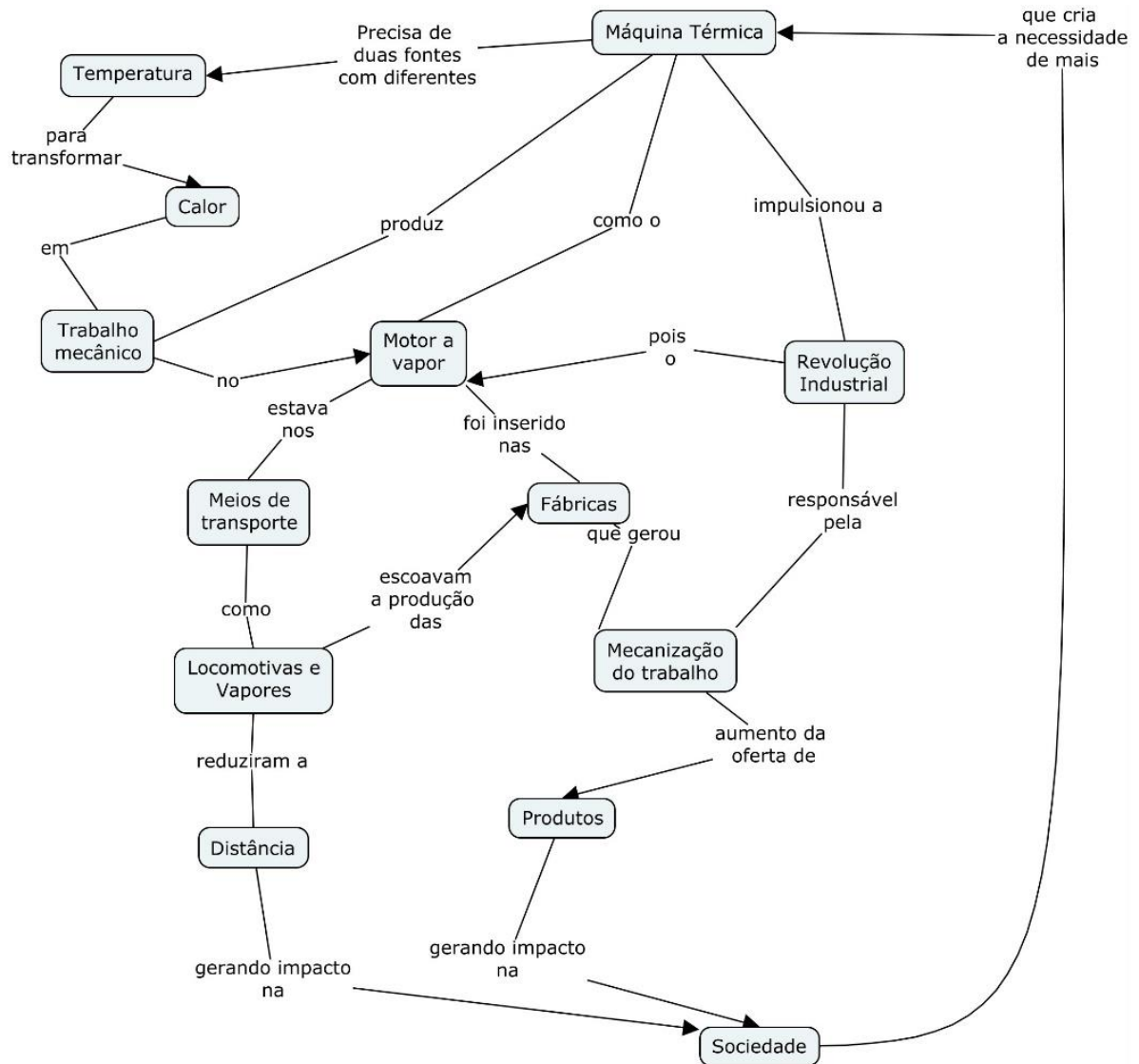
Questão 02 - *Escreva um texto, de no máximo oito linhas, que revele a importância da máquina a vapor para o desenvolvimento da sociedade.*

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 referente ao quarto encontro**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 2.700 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 referente ao sétimo encontro

Atividade em grupo, experiência – Os alunos devem construir 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

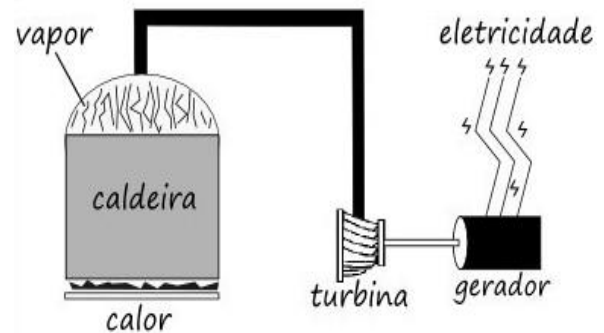
Atividade referente ao oitavo encontro

Questionário sobre a atividade experimental e elaboração do último mapa conceitual

Usina térmica feita em sala



Desenho esquemático de uma termoeletrica



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).

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://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: 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.