

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**VILSON FINTA**

**COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL?  
INSERINDO CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

**PONTA GROSSA  
2020**

**VILSON FINTA**

**COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL?  
INSERINDO CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Sérgio M. de Castro

**PONTA GROSSA  
2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

F516 Finta, Wilson  
Como medir a temperatura do sol? Inserindo conceitos de física moderna no ensino médio / Wilson Finta. Ponta Grossa, 2020.  
210 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências - Área de Concentração: Física),  
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Jeremias Silva.  
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Castro.

1. Ensino de física. 2. Termodinâmica. 3. Física moderna. 4. Dbr. 5. Tls. I.  
Silva, Jeremias. II. Castro, Antônio. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa.  
Física. IV.T.

CDD: 530.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

## TERMO

**VILSON FINTA**

“COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL? INSERINDO CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa 5 de junho de 2020.

### Membros da Banca:

Dr. Jeremias Borges da Silva (UEPG) – Presidente

Dr. Marcelo Emilio (UEPG)

Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)

---

Documento assinado eletronicamente por **Jeremias Borges da Silva, Professor(a)**, em 03/12/2020, às 14:37, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Emilio, Professor(a)**, em 17/12/2020, às 15:57, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida Telles, Secretário(a)**, em 18/12/2020, às 10:53, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0366438** e o código CRC **0752C3C8**.

*Dedico este trabalho à minha querida esposa Luciane pelo apoio incondicional, a minha mãe Elete por sempre me apoiar em novos desafios e as minhas filhas, Bruna, Caroline, Ludmilla e Liandra, alegrias de minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Para iniciar uma jornada como esta é necessário ter muita vontade, perseverança e coragem para vencer os desafios e obstáculos no meio do caminho, por isso agradeço:

Primeiramente a Deus, onde busquei forças em todas as etapas de minha vida.

A minha mãe Elete, guerreira que, com muita dedicação, sacrifício e coragem, proporcionou condições e a oportunidade de ser um educador, trazendo um futuro de realizações e esperança para minha vida.

A minha esposa Luciane, minha querida companheira, que contribuiu de forma fundamental nesta jornada dando força, carinho, compreensão e amor de minha vida.

As minhas filhas Bruna, Caroline, Ludmilla e Liandra, sempre uma fonte inspiradora.

E agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva, proporcionando condições repletas de conhecimento, serenidade, paciência, dedicação, troca de ideias, no companheirismo e profissionalismo.

E ao Coorientador Prof. Dr. Antônio Sérgio M. de Castro, fundamental no início da pesquisa e nas orientações durante o desenvolvimento da pesquisa, pela dedicação e profissionalismo.

À CAPES pelo apoio financeiro recebido nos primeiros meses de formação.

A todos os professores do MNPEF da UEPG pelo conhecimento e inspiração durante todo o mestrado.

A família E.E.B. Almirante Barroso onde sou professor, pela força, ajuda e compreensão em minhas ausências.

Aos meus queridos alunos da E.E.B. Almirante Barroso da segunda série do inovador, 2017, pela participação da aplicação do produto educacional, vocês foram incríveis, adoro todos vocês.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A disciplina de física no Ensino Médio é vista como vilã pelos alunos devido a ênfase em numerosos cálculos e na maioria das vezes sem aplicação prática, ficando o ensino abstrato, com o aluno tendo dificuldades de formar uma imagem mentalmente do que não conhece ou do que nunca ouviu falar. Ou ainda práticas com falta de conceitos físicos, puramente empírico ao aluno. Por isso este trabalho utiliza uma sequência de ensino-aprendizagem baseada nos princípios de design, para potencializar a aprendizagem de Termodinâmica e Física Moderna, a partir da questão motivadora “Como calcular a temperatura do Sol”. O presente estudo se baseou nas teorias de Piaget e de Vygotsky, como referências as entrevistas piagetianas e a mediação social, cultural e no uso da linguagem no processo de ensino aprendizagem propostos por Vygotsky. A sequência de conteúdos de física proposto segue o planejamento anual da segunda série do Ensino Médio, sendo dividida em cinco planos de atividades para ser desenvolvida em nove aulas. Os resultados mostram que é possível inserir conceitos Fundamentais de Física Moderna, motivando o aluno a ir além dos conhecimentos de sala de aula. É mostrado a partir de uma simples questão e atividades contextualizadas a possibilidade de se contribuir para uma aprendizagem com significado e motivadora.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Termodinâmica, Física Moderna, DBR, TLS.

## **ABSTRACT**

The Physics subject in High School is seen as a villain by the students due to the emphasis in innumerable calculations and most of the time without a practical application, becoming an abstract teaching, and students having difficulties to build a mentally image about what is unknown or about the things he/she has never heard about. Or even in practices without the physical concepts, purely empirical for the students. Hence, this work uses a teaching and learning sequence based in designing principles, in order to boost the Thermodynamics and Modern Physics learning from the the motivating research question “How to measure the Sun temperature”. The present work was based on theories of Piaget and Vygotsky, as references to the Piagetian interviews as well as social and cultural mediation and the language use in the learning and teaching processes proposed by Vygotsky. The Physics content sequence proposed follows the second grade of High School’s anual planning , being divided in five lesson plans to be developed in nine classes. The results show the possibility to insert Modern Physics Fundamentals concepts, motivating the students to go beyond the classroom knowledge. It is shown that, a simple question and contextualized activities may contribute to significative and motivating learning.

**Keywords:** Physics teaching, Thermodynamics, Modern Physics, DBR, TLS.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Mapa Conceitual.....	36
<b>Figura 02:</b> Esquema da agitação das moléculas, mostrando o fluxo de calor e a propagação de calor por condução.....	40
<b>Figura 03:</b> Esquema de como ocorre a convecção de um fluido em uma chaleira em aquecimento.....	41
<b>Figura 04:</b> Gráfico mostrando a sequência principal das estrelas, em relação a sua temperatura, intensidade luminosa, cor, estrelas pequenas e estrelas grandes.....	47
<b>Figura 05:</b> Modelo de Onda Eletromagnética, mostrando a presença do campo elétrico e campo magnético perpendiculares entre si.....	48
<b>Figura 06:</b> Diagrama de uma onda eletromagnética, mostrando a decomposição da luz visível a nossos olhos, o comprimento de onda em relação a cores a faixa que vai dos raios gama as ondas de rádio.....	49
<b>Figura 07:</b> A imagem mostra que o espectro da luz do Sol é formado pela mistura de todas as cores do arco-íris, representado por um corpo negro a temperatura de 5525 kelvins.....	50
<b>Figura 08:</b> A figura mostra o que ocorre em um Corpo Negro ideal em sua absorção a esquerda e a emissão a direita. Toda a radiação incidente é absorvida, a radiação emitida ocorre apenas com aquelas geradas devido a temperatura do Corpo.....	52
<b>Figura 09:</b> Gráfico da Lei de Wien, mostra a variação do comprimento de onda máximo com a temperatura, comparado com o comprimento de onda do espectro de radiação, destacando a faixa do visível.....	53
<b>Figura 10:</b> Estrelas de diferentes temperaturas emitem espectros de radiação diferentes. Maior comprimento de onda máximo (wavelength) menor será a temperatura e a energia da radiação. Na parte de baixo a cores visíveis das estrelas observadas.....	55
<b>Figura 11:</b> Espectro solar visível obtidos por Fraunhofer, comparado com o espectro visível gás Sódio (Na), isto levou Kirchhoff a concluir a presença desse gás no Sol.....	56
<b>Figura 12:</b> Imagem da simulação sobre estados da matéria produzido pelo projeto Phet da University of Colorado Boulder, mostrando a movimentação das partículas de uma dada substância com a variação da temperatura.....	61

<b>Figura 13:</b> Experimento exemplificando calor específico dentro dos balões havia substâncias diferentes. As velas aquecem os balões, aquele cuja substância tem maior calor específico estourará mais tarde.....	62
<b>Figura 14:</b> A imagem a esquerda mostra como foi feita a lamparina e os recipientes usados no experimento, a figura do meio mostra o experimento montado com termômetro analógico e a figura a direita mostra o experimento montado com um termômetro digital.....	63
<b>Figura 15:</b> Montagem do experimento que conceitua Transferência de calor por condução. Haste de materiais diferentes transfere calor mais ou menos dificuldades. Cada material recebe pingos de vela igualmente espaçados que ao aquecerem derretem.....	64
<b>Figura 16:</b> Montagem do experimento Transferência de calor por Convecção. O ar aquecido acima da vela faz a espiral de papel rotacionar.....	65
<b>Figura 17:</b> A imagem mostra como se deve posicionar a mão próximo a vela no experimento Transferência de calor por Irradiação.....	65
<b>Figura 18:</b> A imagem mostra a intensidade luminosa medida pelo luxímetro do Sol e da Lâmpada escolhida para o experimento. A lâmpada infravermelha fornece a mesma luminosidade que o sol sobre um objeto próximo a ela. Destacamos que o aquecimento ocorrerá em virtude de todo o espectro de radiação da lâmpada.....	67
<b>Figura 19:</b> A imagem mostra uma simulação produzida pelo projeto Phet da University of Colorado Boulder, mostrando o espectro de corpo negro para uma fonte em diferentes temperaturas, comparando com a faixa do visível. É possível variar a temperatura da fonte desde a temperatura da terra, passando pela temperatura de uma lâmpada e do Sol.....	67
<b>Figura 20:</b> Aparato e materiais para o experimento que mostra a absorção da Radiação térmica em função da cor de um objeto.....	68
<b>Figura 21:</b> Montagem do experimento de absorção de calor em um corpo negro para mostra a Lei de Stefan – Boltzmann. A fonte de calor é uma lâmpada de potência conhecida, que é fixada numa distância definida.....	69
<b>Figura 22:</b> Montagem do experimento tendo como fonte de radiação o Sol sobre Lei de Stefan – Boltzmann e Temperatura do Sol. A sombra das latas fornecerá a área atingida pelo fluxo de radiação.....	69
<b>Figura 23:</b> A imagem à direita mostra os materiais utilizados no experimento com o suporte, multímetro, painel solar e lâmpadas, a imagem do meio a lâmpada ligada com o painel solar abaixo e a imagem à direita destaca o painel solar e o multímetro.....	71

<b>Figura 24:</b> A imagem à direita mostra a simulação da movimentação das partículas de neônio a temperatura de 100K e a imagem à direita mostra a simulação da movimentação das partículas de argônio a temperatura de 100K, mostrando que essa movimentação é característica da substância.....	77
<b>Figura 25:</b> O mapa mostra os conteúdos necessários na TLS.....	108
<b>Figura 26:</b> Esquema simplificado da Sequência de ensino-aprendizagem e ao final como ocorre o redesign.....	109

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 01:</b> Informações sobre o sol.....	46
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.1.1 Conteúdo Curricular.....	17
1.1.2 A Física Moderna no Ensino Médio.....	22
1.1.3 Sequência de Ensino-aprendizagem.....	27
1.2 OBJETIVOS.....	28
1.2.1 Objetivo Geral.....	28
1.2.2 Objetivos Específicos.....	28
1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: DIMENSÃO PEDAGÓGICA.....	28
1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: DIMENSÃO EPISTÊMICA.....	36
1.4.1 Termodinâmica.....	36
1.4.2 Lei Zero e a Primeira Lei da Termodinâmica.....	37
1.4.3 Propriedades Térmicas, Condutividade e Capacidade Térmica.....	42
1.4.4 Capacidade Térmica, Calor Específico, Calor Sensível e o Calor Latente.....	43
1.5 CARACTERÍSTICAS DO SOL.....	44
1.5.1 Radiação Eletromagnética.....	47
1.6. FÍSICA MODERNA.....	51
1.6.1 Corpo Negro.....	51
1.6.2 A Lei de Stefan – Boltzmann.....	53
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	57
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO.....	57
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	58
2.2.1 Planejamento Global.....	58
2.2.2 Aulas.....	60
2.2.2.1 Temperatura e propriedades térmicas.....	61
2.2.2.2 Transferência de calor.....	64
2.2.2.3 Radiação térmica e cor de um objeto.....	66
2.2.2.4 A lei de Stefan – Boltzmann e temperatura do sol.....	68
2.2.2.5 Painel solar, corpo negro e energia elétrica.....	70
2.2.3 Processo de Avaliação.....	71
2.3 SOBRE OS PLANOS DE AULAS.....	72
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	75
3.1 QUANTO À APRENDIZAGEM.....	107
3.2 QUANTO À SEQUÊNCIA.....	109
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	111
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	113
<b>APÊNDICE A: PLANOS DE AULA</b> .....	118
<b>APÊNDICE B: PRODUTO</b> .....	139

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais o ensino de física fica pouco interessante ao olhar de nossos alunos, pois, se ensina da mesma maneira a décadas, tornando o ensino muitas vezes sem sentido. O aluno de hoje tem acesso à informação muito rapidamente, devido principalmente ao acesso à internet, sendo assim, as estratégias para tornar aulas interessantes no ensino de Física é uma mudança de paradigma, associando os fenômenos da natureza explicados pela Física e transformados em tecnologias, transformando o ensino mais atrativo, favorecendo a aprendizagem do aluno.

Na escola onde trabalho percebo que os alunos apresentavam grande dificuldade na interpretação de problemas, no raciocínio lógico-matemático e tinham pouco interesse em aprender a ciência Física teórica, mas, eram motivados quando a aula era experimental. Constatando isso, posso afirmar pela experiência de trabalho que os experimentos são um recurso importante na aprendizagem significativa dos alunos e isso foi reafirmado no Mestrado Profissional em Física, então, as estratégias de ensino precisavam ser mudadas para um equilíbrio entre teoria e prática. Neste mesmo período houve uma mudança no modelo de como ensinar nossos alunos e nos conteúdos das séries.

Essa mudança nas estratégias e nos argumentos do que ensinar e para quem ensinar deve ter um ponto de partida. Posso citar o Estado de Santa Catarina onde trabalho como professor de Física, o Estado solicitou uma mudança nas estratégias e planos de ensino para o Instituto Airton Senna e Natura inserindo o Ensino Médio Integral em Tempo Integral (EMITI). A mudança ocorre principalmente na forma como os conteúdos são abordados, inserindo o professor mediador e o aprendizado por competências como abertura para o novo e resiliência. Esta mudança foi muito significativa nas aulas de Física, pois, houve um aumento importante no interesse dos alunos devido a mudança de como ensinar e de alguns conteúdos do primeiro, segundo e terceiro ano do Ensino Médio. Algumas mudanças dos conteúdos do primeiro ano foram a inserção dos seguintes conteúdos: *Teoria do Big Bang – origem e evolução do universo, ciclo das estrelas, newton versus einstein, equivalência entre massa e energia, teoria da relatividade restrita – massa e princípio de equivalência*, no segundo ano a principal mudança foi o *Estudo das radiações* e no terceiro ano *Dualidade onda partícula e Efeito fotoelétrico* trazendo elementos de Física Moderna e como a ciência pensa na resolução de problemas.

Esse modelo de ensino proposto no Estado de Santa Catarina vem de encontro com a proposta deste trabalho, o estudo de Física Moderna, motivando os alunos a participação nas aulas e interessados em saber como a ciência Física evoluiu.

Então, neste trabalho propomos um estudo sobre elementos de Física Moderna a partir dos conteúdos trabalhados no segundo ano do Ensino Médio, mostrando aos alunos algo curioso aos seus olhos e ao mesmo tempo intrigante. Para isso foi planejado uma sequência didática tendo como tema gerador um problema, uma pergunta que deve ser respondida, levantando hipóteses e discutindo de como fazer para solucioná-la.

A sequência parte da questão como medir a Temperatura do Sol? As dificuldades de realização da medida por processos conhecidos pelos estudantes levam a necessidades de estudar o significado de temperatura, seu processo de medição e das propriedades termométricas dos materiais, levando ao estudo de características que dela dependem. Assim, a emissão de ondas eletromagnéticas pelos corpos, caracterizando um espectro dependente de temperatura e identificando o Sol como um corpo cuja a emissão só depende de sua temperatura, como um chamado corpo negro.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No ensino médio geralmente os programas curriculares seguem o padrão monótono dos temas clássicos da Física. Diferentemente no cotidiano dos alunos os conceitos físicos surgem a qualquer momento na observação dos fenômenos da natureza, dos novos equipamentos tecnológicos e mesmo pela troca de informações e conhecimentos característicos da vida em sociedade.

Assim, é possível partir de uma questão inicial que envolva observações cotidianas para contextualizar o ensino de conceitos fundamentais da física clássica. Mas, também é possível fazer a aprendizagem evoluir introduzindo conexões com outros conceitos, apresentando questionamentos que impulsionaram a ciência e mesmo propondo objetivos de pesquisa para introduzir conceitos da física moderna. Esse processo permite ao estudante observar os processos dinâmicos da ciência, que se mostra desafiadora e sempre em processo de evolução com o poder de modificar para sempre o cotidiano das pessoas.

O estudo de física no ensino básico é tão importante para a formação intelectual, dos indivíduos, quanto estudar qualquer outra área do conhecimento, mas se percebe que para os alunos esta disciplina se torna um martírio, pois, é vista como uma ciência abstrata e sem sentido devido a maneira apresentada aos alunos (FERNANDES; FILGUEIRA, 2009).

A Física é uma das ciências mais antigas que busca formas de entender a natureza, propõe modelos e princípios que permitem fazer previsões, modificações e simulações da própria natureza. O sucesso dessas propostas permite elaborar explicações e novas tecnologias explorando esses comportamentos da natureza. Isso vem de encontro com a proposta dos Parâmetros Curriculares Nacional Mais para o Ensino Médio:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas (BRASIL, 2002, p. 59).

As consequências de sua evolução moldam o cotidiano da sociedade, portanto é uma disciplina essencial para a formação de qualquer cidadão. Assim, uma das missões da escola, e do professor, é mostrar aos alunos essas características da física, comum a outras ciências. Nesse ponto de vista, a própria natureza é, em si, um laboratório cheio de motivações para o ensino e para a aprendizagem. Mas, é fundamental que o professor reconheça o aluno como um indivíduo, humano que vive em sociedade, e que estamos rodeados por fenômenos da natureza modelados, e explicados a partir de princípios básicos e transformados em tecnologia. Dessa forma, a Física se torna interessante e curiosa passando a ser um o elemento motivador e importante o seu estudo pelo aluno. Esta abordagem se faz necessária para facilitar o ensino e a aprendizagem.

Com esta visão este trabalho busca a partir do conhecimento científico de uma ação comum no dia a dia, como medir a temperatura do Sol, mostrar ao aluno a maneira que a física evoluiu a ponto de obter informações sobre o universo e usar o conhecimento adquirido para melhorar as condições de vida na terra.

O professor, no exercício de sua profissão, por seu compromisso social e compreensão que o estudante é um indivíduo em formação intelectual, deve proporcionar condições favoráveis à aprendizagem, elaborando estratégias de ensino que conduza a uma aprendizagem motivadora, em particular na área de Física. Segundo Vygotsky apud Brito:

O indivíduo não nasce pronto, a ideia de que o mundo é algo pronto e acabado não é correta, o homem não é “uma tábula rasa”, mas, é claro que sofre influência nas mais diversas áreas do mundo social além das influências dos seus processos interiores segundo Vygotsky (VYGOTSKY apud BRITO, 2017, p. 18).

O professor pode usar a própria construção da ciência (Labore, 2016), como ela evoluiu para entender a natureza, para fazer seus alunos compreenderem a importância da sua disciplina. Também pode exercer a função de questionador, problematizador (Revista Ensino & Pesquisa, dez 2015) permitindo ao aluno buscar as respostas, evitando que o aluno se acomode, pensando e respondendo às perguntas com respostas prontas e acabadas, minimizando o papel da ciência Física.

Além disso, ao professor cabe entender que é essencial ao profissional saber como a aprendizagem ocorre, que dá aulas não é simplesmente pegar um manual e reproduzi-lo em sala de aula. Piaget usava um problema no início de suas entrevistas, para perceber que isso levava o entrevistado a pensar e a buscar respostas. Isso já era uma indicação de que a forma de ensino praticada na época não era totalmente eficiente. É papel do professor de Física, e de outras ciências, proporcionar ao aluno a percepção de que está inserido em um mundo moderno, que se desenvolve rapidamente, em consequência das descobertas das ciências. Desta forma, além da conscientização do estudante como um ser, estimula-se a curiosidade e o desejo de aprender.

Cada professor deve questionar o pensamento docente espontâneo com a visão simplista do ensino em que basta lê sobre o assunto e reproduzir em sala de aula. Essa forma que faz prevalecer na escola o chamado ensino tradicional, talvez muito pela desvalorização da profissão e pelas condições de trabalho, que impede um planejamento adequado das aulas e da disciplina. Uma consequência é que não há aulas práticas, quando existe são casos excepcionais. Cada vez fica mais claro um desinteresse pelas aulas teóricas, levando dificuldades ao professor em

conseguir concentração dos alunos que permita o raciocínio para solução de problemas.

O ensino tradicional disciplinar segue um padrão linear com temas colocados de forma isolados seguindo o padrão de livros que trazem os temas da física separados em volumes e capítulos. Isto é contrário ao que ocorre no cotidiano dos estudantes. Assim, um dos diferenciais da proposta é uma sequência que parte do estudo de um conceito tradicionalmente ensinado e evolui linearmente para conceitos mais avançados, explorando um pouco as consequências desse conhecimento científico para a tecnologia, usando aulas práticas com experimentos, animações e simulações computacionais.

Carvalho e Gil – Perez (1993) coloca como saberes docentes essenciais oito itens: 1) conhecer a matéria a ser ensinada; 2) conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo; 3) adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e sobre a aprendizagem em Ciências; 4) Analisar o ensino com fundamentação teórico-prática; 5) Saber preparar atividades; 6) Saber dirigir a atividade dos alunos; 7) Saber avaliar, e 8) Utilizar a pesquisa e a inovação. Estes saberes deixam claro a importância da formação profissional inicial e continuada, deixando evidente mais um dos problemas graves da Educação Básica brasileira. O trabalho que será exposto nesta comunicação leva em consideração estes saberes e buscará contribuir no esforço para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

A matéria a ser ensinada nesta proposta faz parte do conteúdo de Termodinâmica, fazendo um estudo e uma discussão que evolui para um estudo de conceitos de física moderna. Usando o pressuposto que o ensino não precisa ser linear dentro de um tema, parte-se do conceito de temperatura, muito falado no cotidiano, que possui um significado importante cientificamente, e que seu estudo foi fundamental para a evolução da ciência. No estudo deste conceito e sua relação com a cor dos objetos surge o conceito de Corpo Negro, fundamental na elaboração dos princípios da Mecânica Quântica. Quase toda a tecnologia existente hoje é consequência dessa teoria, mas será destacado aqui a contribuição para o conhecimento das estrelas, do nosso Sol, e como interagimos com objetos tão distantes.

Em cima deste tema é desenvolvido uma sequência de ensino que coloca em prática todos os saberes docentes destacados por Carvalho e Gil – Perez (1993). A sequência segue os parâmetros da Teaching-Learning Sequence (TLS) proposta por

Méheut e Psillos (MÉHEUT; PSILLOS, 2004), que exige do docente os saberes essenciais para o planejamento e elaboração de um produto que será colocado em implementação em sala de aula, onde ocorrerá o processo de ensino – aprendizagem com a ação docente, e posterior avaliação do produto e da aprendizagem dos alunos, que levará a um replanejamento. A consequência do processo será um conhecimento novo em relação a prática educacional em sala de aula, como aplicação de teorias, conhecimentos e pesquisas anteriores na área. Conhecimento novo que levará em conta as dificuldades inerentes e particulares presentes na escola campo de aplicação da sequência.

Então iniciando a problematização com a pergunta, como explicar a maneira que os cientistas usam para medir a temperatura das estrelas?

Diante do problema, a questão que se projeta como central é: *Como medir a temperatura do sol? Contextualizando a inserção de conceitos de física moderna no ensino médio.*

### 1.1.1 Conteúdo Curricular

A Base Nacional Curricular, BNCC (BRASIL, 2019, p. 554), em sua nova versão, traz como uma das áreas norteadoras a Ciência da Natureza, que inclui a Física. Este documento defende o ensino das ciências comprometido com a formação integral e cidadã do indivíduo, destacando que deve haver um equilíbrio entre a teoria e a experimentação:

Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. (BRASIL, 2019, p. 554)

Dessa forma a responsabilidade do professor na transposição didática deve levar a uma cuidadosa e criteriosa escolha, pois, o currículo de Física é extenso e com poucas aulas, por isso, os conteúdos mais importantes devem ter mais profundidade e extensão comparado com os demais. Mas, o educando deve ter oportunidade de aprender os conceitos da Física, independentemente da ênfase dada ao conceito a ser aprendido.

Os conteúdos da disciplina de Física nem sempre são trabalhados de uma forma que proporcione a aprendizagem do aluno em relação ao fenômeno físico e

aos conceitos envolvidos. O ensino de Física fica frequentemente na declaração de conceitos, leis, fórmulas e exercícios de fixação, sem significado e sem ligação com o conhecimento de mundo do aluno, proposta que leva a um ensino sem sentido (MARTINS; SILVA, 2017). Assim, privilegia-se a educação bancária, onde o professor deposita o conhecimento (FREIRE, 2005, p. 66) da Física, dando ênfase no uso de fórmulas, deixando de lado a importância do uso da linguagem matemática e o significado físico efetivo que as fórmulas representam. Sem um planejamento o ensino passa a ser um improviso sem compromissos, ou uma reprodução de livros para posterior avaliação superficial da aprendizagem.

Não é de hoje que se pede uma mudança no ensino de Física. Conforme os PCNs:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 2000, p. 22).

A necessidade dessa mudança no ensino de Física é crucial para que os educandos entendam seu significado como ciência e qual seu objeto de estudo. O aluno deve entender que a Física busca entender a natureza e a partir de princípios e leis explicar como os fenômenos físicos ocorrem de forma a realizar simulações e previsões permitindo o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Nas orientações dos PCNs mais:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. (BRASIL, 2006, p. 59).

Assim, modificando a visão de mundo e de costumes da sociedade na qual estes alunos fazem parte, no entanto, eles não se conscientizam da importância desta Ciência. Souza, Pietrocola e Ueta, 2008, escrevem sobre o ensino nesse contexto da seguinte maneira:

Assim, podemos constatar na Física levada para a sala de aula, conteúdos e conceitos focados em resolução de exercícios, exercícios estes meramente repetitivos, pouco ou quase nada relacionados com a vivência do aluno, descontextualizados e não condizentes com o seu tempo, pois continuamos ensinando a Física de séculos atrás, mas vivendo em um mundo moderno, rodeado de tecnologias e, cujo desenvolvimento da Ciência, principalmente da Física, tem proporcionado uma nova (r)evolução dos objetos ao nosso redor. (SOUZA; PIETROCOLA; UETA, 2008, p. 2).

Pretendendo que o aluno repita o que foi memorizado na fala do professor sem entender o significado, característica de um ensino tradicional.

No ensino de forma tradicional o professor assume o status de principal agente do processo. Ele é quem administra as aulas expositivas, elabora e resolve problemas e exercícios de aplicação. (MOREIRA, 2017, p. 122)

O professor é o sujeito ativo na construção do conhecimento em sala de aula e o aluno é limitado a receber e armazenar as informações sem poder interagir com o professor, com os colegas e com a própria escola. Ele apenas observa e aceita a fala do professor. Para os PCNs:

Esse quadro não decorre unicamente do despreparo dos professores, nem de limitações impostas pelas condições escolares deficientes. Expressa, ao contrário, uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente introjetada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural. (BRASIL, 2000, p. 22).

Para que o aprendizado se concretize segundo os PCN+:

Caberá sempre ao professor, dentro das condições específicas nas quais desenvolve seu trabalho, em função do perfil de sua escola e do projeto pedagógico em andamento, selecionar, priorizar, redefinir e organizar os objetivos em torno dos quais faz mais sentido trabalhar. (BRASIL, 2006 p. 62).

Assim, o papel do professor é de proporcionar ao educando as condições necessárias de acordo com a realidade local e seus conhecimentos, seja científico, cultural ou social. Ao professor ainda cabe selecionar a sequência de conteúdos e a profundidade que dará a estes, separando o essencial, sem prejuízo ao educando. Os PCNs + dizem em relação a isto que:

Para a organização dessas atividades, faz-se necessário privilegiar a escolha de conteúdos que sejam adequados aos objetivos em torno dos quais seja possível estruturar e organizar o desenvolvimento das habilidades, competências, conhecimentos, atitudes e valores desejados. (BRASIL, 2006, p. 69).

Mas, a concepção de currículo tem várias linhas de entendimento, causando discussões na quantidade de conteúdos e qual deve ser aprofundado ou estendido. Pois, deve-se levar em conta a geração e o caráter regional, sendo assim, o currículo não é algo estático, devendo ser reavaliado e reorganizado periodicamente. Não esquecendo dos mais importantes: o aluno e o conhecimento físico. Dessa forma, deve-se privilegiar as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e que permitem um olhar investigativo sobre o mundo real.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a Física definiu seis temas estruturadores, que servem como referência para organização da sequência de conteúdo a serem trabalhados no Ensino Médio. Ele diz que a estrutura do conhecimento depende de como a escola está organizada, do seu projeto político pedagógico e das competências a serem privilegiadas. Então, para o conhecimento físico ser alcançado cabe ao professor investigar o que o aluno já conhece para estabelecer a sequência didática adequada na construção de um aprendizado significativo. Isso mostra que: “a estrutura de temas é uma estrutura flexível, sendo que a abordagem de cada um dos temas e unidades deve mudar em função da sequência de temas que estiver sendo utilizada”. (BRASIL, 2006, p. 80).

A sequência na estrutura não é obrigatória, mas todos os conteúdos devem ser contemplados no decorrer dos três anos de ensino médio, promovendo o intelecto num contexto científico, cultural e social do educando. Sendo possível que haja diferença quanto a profundidade trabalhada em cada conceito a ser alcançado, pois, espera-se um crescimento e uma maturidade do aluno a cada avanço no conhecimento adquirido no âmbito escolar.

Para que o processo de conhecimento faça sentido, é necessário e imprescindível que professor e aluno dialoguem na mediação do conhecimento, onde, os fenômenos da natureza, os objetos e a tecnologia façam parte da estratégia a ser vivenciada pelo aluno nas dimensões sociais e culturais. Dessa forma promovendo e ampliando o conhecimento e o método científico.

Um ponto importante no ensino público, mas, negativo é a banalização do ensino de Física, com profissionais pouco comprometidos na preparação das aulas, com as obrigações profissionais, com o compromisso de ensinar e muitas vezes mal formados, por isso, o ensino de física ao longo do ensino médio fica fragmentado em relação aos seus conteúdos, como Terrazzan observava:

É comum os programas mais completos de física do 2º grau se reduzirem apenas à Cinemática, Leis de Newton, Termologia, Óptica Geométrica, Eletricidade e Circuitos Simples. Assim os conteúdos que comumente abrigamos sob a denominação de Física Moderna, não atingem os nossos estudantes. Menos ainda os desenvolvimentos mais recentes da Física Contemporânea. (TERRAZZAN, 1992, p. 208)

Este cenário permanece e se observa, de forma generalizada, o ensino de Física estagnado na Física Clássica e na memorização de fórmulas. Isto pode ser

consequência da desvalorização profissional que conduz a professores desmotivados ou despreparados, ou por se exigir a preparação dos alunos para vestibulares, deixando de lado a Física Moderna, sendo assim, prejudicando o currículo de Física e privando o educando. Para os PCNs +, temos:

O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso dar-lhe um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média (BRASIL, 2006, p. 60)

No mundo contemporâneo em que vivemos isso limita o aluno, impedindo-o de compreender e entender o mundo a sua volta. Pois a formação do educando deve ocorrer de maneira que consiga melhorar o ser em todas as suas dimensões. Então, a necessidade de conhecer, estudar todos os conteúdos previstos para o ensino médio se torna essencial para a formação deste ser. Sendo assim:

É necessário resgatar o interesse dos alunos pela Física. Cada um de nós que está ligado de uma forma ou de outra ao ensino de Física sabe que o seu estudo permite uma compreensão básica da natureza, além de desenvolver nos estudantes uma série de habilidades que podem dar vazão à sua criatividade, proporcionando prazer, alegria e desafios. (VALADARES; MOREIRA, 1998, p. 1222).

Neste contexto a Física que surge no final do século XIX e início do século XX proporcionou uma revolução na sociedade pela conseqüente tecnologia gerada a partir de sua construção. Esta física é conhecida como Física Moderna. As orientações dos PCN+ Ciência da Natureza, sobre estes conteúdos traz que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2006, p. 70).

A Física Moderna explica fenômenos físicos do mundo contemporâneo que a Física Clássica não consegue explicar. A consequência de cada uma vai interferir na sociedade, na cultura e na tecnologia. Por isso, aproximar o jovem aos conceitos e conteúdos que relacionam a Física Moderna, permite uma melhor compreensão de mundo, seja no meio científico ou em sociedade, oportunizando um aprendizado mais significativo e completo do educando. Os PCNs + mostram que:

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 ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (BRASIL, 2006, p. 59)

Sendo assim, a Física Moderna detalha partes da Física, como a Teoria da Relatividade com a ideia de espaço-tempo como entidade geométrica unificada e a noção de espaço-tempo curvo e a Teoria Quântica com a ideia de que o movimento em um sistema atômico é quantizado e que dentro do átomo nada estaria definido, tudo seria probabilidade. Kikuchi, Ortiz, Batista, mostram a importância desses conteúdos:

O desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea trouxe diversas inovações conceituais que modificaram a maneira de interpretar muitos dos fenômenos do Universo. Por exemplo, a Relatividade Geral traz uma nova interpretação de tempo e espaço, além da proposição da existência de buracos negros. Já a Mecânica Quântica se volta para o mundo do muito pequeno, e seus resultados abalam as bases do “*determinismo*” clássico; as partículas podem se comportar como ondas e as ondas, como partículas. (KIKUCHI; ORTIZ; BATISTA, 2013, p. 2).

Sendo essencial para o entendimento do mundo contemporâneo. Isso torna o ensino de Física Moderna imprescindível no ensino médio e para a formação de um cidadão com conhecimentos necessários para a vida em sociedade.

### 1.1.2 A Física Moderna no Ensino Médio

Apesar dos avanços na inserção da Física moderna (FM) no ensino médio e das pesquisas na área, algumas questões precisam de entendimentos para um discurso comum (REZENDE JUNIOR; CRUZ, 2009). Qual o objetivo do ensino de FM? Informar de forma a ampliar a cultura científica ou dar ao aluno instrumentos conceituais que lhe façam pensar e modelar o universo a partir de conceitos que constituem a FM? Qual a profundidade adequada para a formação neste nível de ensino? Como articular estes novos conhecimentos com os adquiridos anteriormente ou simultaneamente? As respostas a estas questões passam pelo entendimento de alguns entraves que afligem a Escola Básica.

A experiência de vários anos de trabalho na rede pública de ensino como professor de física, mostra que a maioria dos profissionais da região, ainda são formados numa época em não havia ênfase no ensino de FM. Além do difícil acesso às pesquisas, aos relatos de experiências, um problema é a inexistência de material didático de fácil entendimento para os professores de forma que possam aprender a fazer a transposição didática para a sala do ensino médio.

O conhecimento que foi construído pela ciência física sobre FM permeia a sociedade e a tecnologia. Porém, o estudo desse conhecimento não faz parte da cultura dos professores da área de ciência, nem da própria escola, de forma que não se importam em entender o conhecimento envolvido e o funcionamento das novas tecnologias, portanto o ensino de FM fica distante em nossa região.

Outro ponto importante, mas negativo é a carga horária pequena, levando em conta o currículo e os conteúdos de Física, além das cobranças impostas pelos vestibulares. Devemos ressaltar que a escola pública não tem como objetivo fundamental preparar o aluno para concurso de vestibular, mas, mesmo assim, deve oportunizar tal conhecimento para que os educandos tenham oportunidade de vencer os obstáculos que a sociedade, e o mundo em que vivemos, exigem. Pois, uma das finalidades da educação básica para o ensino médio é:

A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores. (BRASIL, 2002, Art. 35 inciso II, p. 1).

Mas, o avanço da FM no ensino tem outra dificuldade, a sequência de conteúdos estabelecidas pelos livros didáticos destinados ao ensino médio, onde a maior concentração dos conteúdos fica entre os séculos XVII à XX, deixando de lado o ensino que proporcionou grandes avanços no mundo moderno. E também, os livros didáticos, que propõe estes conteúdos de FM somente no último ano do ensino médio e no final do livro, como se fosse um assunto de física isolado dos demais, por exemplo os livros aprovados no PNLDEM 2016.

Então, para que a inserção de FM ocorra, o professor deve buscar meios de tornar possível este aprendizado. Para isso o professor deve preparar a aula de maneira que a transposição didática destes conceitos ocorra de forma clara e objetiva, pois, ao tentar introduzir conceitos mal formulados, podem bloquear o

desenvolvimento do aluno e fazer com que desista do ensino de ciências ou mais propriamente do ensino de Física.

Para que essa aprendizagem seja significativa a aproximação do educando com o real é extremamente importante para motivá-lo na construção desse conhecimento. Assim é importante que se busque com assuntos atuais que provoquem a curiosidade, ou mesmo problemas fundamentais para a evolução da Física no século XX. A ideia é tornar os estudos fascinantes aos olhos dos alunos. Como diz Moreira, 2000: “só há ensino quando há aprendizagem e está deve ser significativa; ensino é o meio, a aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos”. (MOREIRA, 2000, p. 43).

Os temas precisam ser potencialmente significativos, portanto, a aproximação do educando com o real é muito importante para motivá-lo na construção desse conhecimento.

Mas, para que isso aconteça a intervenção pedagógica deve conter elementos do meio cultural e elementos do meio social do educando. Assim, na elaboração da sequência de ensino-aprendizagem produzida neste trabalho se buscou construir o conhecimento inserindo conceitos de física que evoluem até os conceitos de física moderna, contextualizando com questões envolvendo o cotidiano dos alunos e finalizando com uma resposta ao questionamento inicial.

A proposta deste trabalho é introduzir conceitos de Física Moderna (FM) dentro do conteúdo de Termodinâmica, partindo de um conceito de medição de temperatura comum ao cotidiano dos alunos. Trabalhando isso a partir de um problema definido e seguindo uma sequência de ensino-aprendizagem na abordagem TLS (do inglês Teaching Learning Sequence) explorando o currículo atual de Física trabalhado na segunda série do EM. Para isso a proposta apresentada para uma turma de segunda série do ensino médio (EM) foi o de calcular da temperatura do Sol, na sequência do conteúdo curricular de física térmica.

Mas, a introdução aos conceitos de FM não é trivial, embora haja uma atenção especial na pesquisa, nos trabalhos e propostas inovadoras na área do ensino de Física. A complexidade intrínseca desses conceitos, a falta de material didático específico aos professores, a insegurança na transposição didática de conhecimentos de nível mais elevado para menos elevado, o tempo para preparar as

aulas, um cenário pedagógico estático e o próprio sistema, fazem com isso muitas vezes não ocorra no EM.

Há várias décadas que a introdução da Física Quântica (FQ), no ensino médio, vem sendo foco de pesquisas na área de Ensino de Física (SILVA; ALMEIDA, 2011; TELICHEVSKY, 2015; HILGER; MOREIRA, 2012; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN, 1999; MOTA, 2000). Inclusive, vários livros inseridos no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLDEM) de 2015 contém tópicos de física moderna. Lima, Ostermann e Cavalcanti ao analisarem esses livros chegaram à conclusão de que “A apresentação reducionista presente nos livros didáticos atuais indica a necessidade de se avançar em abordagens de Física Quântica que rompam com a perspectiva positivista hegemônica.” (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2015, p. 25)

No geral, os conteúdos de FQ que aparecem nos livros recomendados apenas nos volumes destinados a terceira série, e nos capítulos finais dos livros. Surge, assim, alguns questionamentos: em que parte do currículo escolar a FQ deveria ser inserida? Quais os conteúdos que deveriam ser privilegiados? (OSTERMANN; MOREIRA, 1998). O trabalho aqui relatado segue a abordagem de que é possível desenvolver a partir dos conceitos clássicos, tradicionalmente trabalhados no ensino médio, mostrando as suas limitações e explorando a evolução dos conceitos da FQ e suas consequências.

Este trabalho propõe a inserção de FM a partir da Termodinâmica em uma sequência de ensino-aprendizagem que segue o planejamento do segundo ano do EM. Tendo como ponto de partida o conceito de temperatura chegando até o conceito de radiação de corpo negro, possibilitando a inserção da FM agregado a Física Clássica de forma acessível e possível a todo professor. Mostrando ainda que é possível o estudo de FM no 2º ano do EM e não somente no 3º ano do EM como os livros didáticos trazem em seu conteúdo. Não se tratando de uma exclusão da Física Clássica (FC) do currículo, mas sim a inserção de conceitos fundamentais em uma sequência bem definida unindo os conceitos da FC e da FM.

Algumas propostas de inserção de FM no ensino médio abordam o conceito de Corpo Negro (para Kirchhoff corpo negro é um objeto que absorve toda a luz que incide sobre ele, sem refletir nenhuma radiação). Esse conceito foi fundamental na gênese da FM, dando início ao conceito de quantização. Planck, para obter a forma teórica da radiação emitida por um corpo com essas características, precisou usar

uma expressão para a energia que a representava de forma discreta, ou seja, a radiação emitida pelo Corpo Negro ocorria em pacotes de energia que dependia apenas da frequência da onda eletromagnética.

Aqui é destacado algumas dissertações produzidas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Veronez, elaborou um o produto educacional que se tratava de uma a montagem e análise de um Cubo de Leslie, na qual o conteúdo trabalhado em Física foi a Termodinâmica com ênfase em Radiação Térmica, Radiação de Corpo Negro e Cubo de Leslie tradicional. O produto educacional teve foco no surgimento da Física Quântica a partir da interpretação de Planck para o problema do Corpo Negro. O produto de Veronez é um exemplo de como aplicar FM e a transposição didática de conteúdo de nível superior para o EM no conteúdo de Termodinâmica, mostrando a importância de atividades científicas – pedagógicas que permitam que o aluno seja o autor da construção de seu conhecimento, sendo assim, estimulando a curiosidade e tratem a Física com prazer e deem o prestígio que ela merece.

O mundo atual anseia por uma escola mais moderna, mas, para isso o interesse do aluno deve ser provocado para que desperte a curiosidade e a intenção de aprender. Mas para que isso aconteça os conceitos de FM devem fazer parte dos conhecimentos do aluno, sendo assim, propiciando ao aluno novos saberes, uma visão de sociedade, uma cultura atual e conseqüentemente dos fenômenos naturais.

Já Silva, trabalha com turmas de 3ª série desenvolvendo as atividades com assuntos de Astronomia e Física Moderna. O desenvolvimento do produto ocorreu por meio de questões abertas aplicadas aos alunos com objetivo de identificar os conhecimentos prévios sobre o Sol, sobre o Sistema Solar e sobre o conceito de Corpo Negro. O trabalho de Silva também mostra a importância de se trabalhar os conteúdos de FM, mas com abordagem, turma e forma diferente deste trabalho.

E Guimarães, também escolheu uma turma de 3ª série do ensino médio para sua investigação. No trabalho de Guimarães os conceitos de FM são claros e convergem em muitos pontos com este trabalho no que diz respeito à Planck, Wien, Stefan, Boltzmann, Corpo Negro e o Sol, mas a sequência de ensino aprendizagem estão em séries diferentes e os conteúdos que abordam a Termodinâmica são pré-requisito aos alunos e neste trabalho faz parte da sequência de ensino-aprendizagem.

E Pscheidt elaborou manual com propostas de três atividades práticas para estudo do Sol, direcionado ao professor de Física que deseja utilizar conceitos de Astronomia em suas aulas. As atividades foram um Registro do movimento aparente do Sol, com o uso do simulador Stellarium. Cálculo da energia emitida pelo Sol, a partir de um procedimento experimental com o uso de um calorímetro rudimentar. Cálculo do tamanho do Sol, a partir de projeção por pinhole. Estas atividades apesar de ser em sequência, as práticas são independentes, podendo ser utilizada no momento em que for possível dentro do currículo da série e turma. Os conhecimentos da física trabalhados por Pscheidt são: calor, calor específico, propagação retilínea da luz, irradiação de calor, intensidade luminosa.

Por isso o emaranhamento entre a FC e a FM se faz necessário, para que as barreiras caiam, temos exemplos como o de Veronez, Silva, Guimarães e Pscheidt com aplicação e com resultados, mostrando que conceitos fundamentais da Física devem ser trabalhados com os jovens para que em sua formação percebam como se chegou aos aparatos tecnológicos e seu funcionamento, assim aproximando da maneira que os cientistas desenvolvem a ciência e o método científico.

Então, este trabalho potencializa o currículo de Física, abordando conceitos fundamentais de FM em uma sequência de ensino-aprendizagem dentro da Termodinâmica. A abordagem através das tecnologias e experimentos de fácil acesso, favorece uma aprendizagem mediada e contextualizada com foco principal no aluno. A consequência deste trabalho será um produto educacional, publicado separado da dissertação, para servir de referência a professores preocupados em inserir conceitos de FM no Ensino Médio.

### 1.1.3 Sequência de Ensino-aprendizagem

A proposta foi elaborar uma sequência de aulas partindo de uma problematização que faça sentido para os alunos a busca de conhecimento necessário a elaborar a resposta. A estratégia é partir de um conceito familiar, compreendendo a sua definição, observando as consequências para a explicação de fenômenos concretos, explorando o surgimento de novos conceitos, a necessidade de se apropriar de novos conhecimentos ou aprofundá-los até obter a resposta para a pergunta inicial. Dessa forma, as aulas farão sentido como uma construção do

conhecimento que permita o entendimento cada vez mais aprofundado dos fenômenos da natureza. Um exemplo de como a ciência evolui.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma estratégia de ensino que a partir de temas de estudos da Física Clássica permita a inserção de conceitos de física moderna (FM) no ensino médio.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Elaborar uma sequência didática que usando um questionamento inicial motivador leve a necessidade de aprendizagem conceitos básicos de Termodinâmica;

Elaborar uma sequência de aulas que permita o estudo contextualizado com experimentos, animações e simulações;

Elaborar uma sequência didática que permitam a inserção da física moderna a partir do conceito básico de temperatura;

Montar atividades didáticas que permita a aprendizagem de conteúdos necessários aos alunos capacitando-os a responder à questão “como é possível medir a temperatura do sol?”;

Elaborar estratégias para a inserção de métodos científicos nas ações dos estudantes e professores;

Elaborar um produto, um caderno de atividades, com sequências didáticas com aplicação prática no Ensino Médio.

## 1.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: DIMENSÃO PEDAGÓGICA

O ponto de partida deste trabalho, está baseado em uma pergunta introdutória aos alunos, onde a pergunta tem caráter estimulador na resolução de um problema, como as entrevistas piagetianas que propõe um problema para o início da construção do conhecimento, proporcionando condições para que o aluno possa pensar e construir seu conhecimento. O educando recebe a pergunta e busca no seu conhecimento respostas possíveis a ela, com mediação da discussão pelo professor. O professor a fim de orientar na construção do conhecimento pelo aluno verifica o conhecimento individual e o coletivo produzido pela turma, valorizando cada detalhe

colocado pelo aluno, avaliando e organizando a maneira pela qual se iniciará a sequência didática para se obter a resposta da pergunta.

Para Vygotsky um sociointeracionista se justifica pela sua Teoria da Aprendizagem Mediada, pois, para ele a construção do conhecimento ocorre pelas interações sociais entre o aluno e a nova aprendizagem e ainda pela interação entre pares.

Neste trabalho propomos um plano de ensino baseado em uma sequência de ensino-aprendizagem (TLS) com uso do design (DBR). Para Meheut e Psillos, 2004:

uma pesquisa desenvolvimentista envolvendo o entrelaçamento do design, desenvolvimento e aplicação de sequências de ensino sobre tópicos específicos, usualmente não durando mais do que algumas semanas, em um processo cíclico evolucionário de clareamento pela riqueza dos dados de pesquisa. (MEHEUT; PSILLOS, 2004, p. 512).

Este modelo de pesquisa tem como base a teoria com aplicações práticas educacionais a TLS e o re – design a DBR – Design – Based Research, um método que se encaixa perfeitamente nas aulas de professores e alunos preocupados com a educação e com o conhecimento repassado e adquirido na vida escolar de alunos e professores. Passando a se preocupar e privilegiar conhecimentos primordiais e identificando se o aluno se apropriou destes conteúdos, valorizando a qualidade e não mais a quantidade e também como eram construídos internamente e socialmente pelo educando.

os trabalhos que mais influenciaram o cotidiano das salas de aula de ciências estão as investigações e as teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam, como ainda os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vygotsky e seus seguidores. Esses autores mostraram, com pontos de vista diferentes, como as crianças e os jovens constroem seus conhecimentos. (CARVALHO, 2013, p. 1)

No ensino de ciências o professor deve perceber que a investigação e a pesquisa são alicerces na construção do conhecimento e na aprendizagem do aluno, mas para seguir este caminho devem quebrar sua rotina de professor tradicional, estar aberto ao mundo moderno, enfrentar as dificuldades e os obstáculos impostos pela escola e por si mesmo, desta forma ajudando os alunos a aprender sobre ciência e o método científico.

No uso da TLS com princípios de DBR o professor deve levar em conta o conhecimento prévio do aluno de mundo material e conhecimento científico, para que possa estabelecer um paralelo entre duas dimensões, a pedagógica e a epistêmica

(MÉHEUT; PSILLOS, 2004). A dimensão pedagógica leva em conta a relação do educando enquanto escola (Professor, aluno, escola, horário, etc.), enquanto a epistêmica se relaciona aos conceitos abordados na sequência de ensino-aprendizagem.

O desenvolvimento da TLS ocorre naturalmente, a DBR, busca redesenhar a aula do professor, podendo ser feito por ele mesmo ou por um grupo que busca associar os aspectos teóricos de uma pesquisa com uma prática melhorada. Desta forma a TLS e a DBR busca mostrar que este modelo de pesquisa melhora o ambiente de ensino e aprendizagem, indicando se a intervenção funcionou ou não na prática. Podendo ser considerada de uma teoria sobre o currículo, gerenciando toda a metodologia num ambiente real e sendo analisada durante toda a aplicação, não apenas no resultado final, pois, esta análise deve reorganizar a metodologia final, pensando num possível aprimoramento, sendo assim funcionando em ciclos, onde a primeira TLS com princípios de design deve servir de base na próxima sequência de ensino-aprendizagem, usando para isso o re-design.

experimentos de design foram desenvolvidos como uma forma de realizar uma pesquisa formativa para testar e aperfeiçoar projetos educacionais com base em princípios teóricos derivados de prévia pesquisa. Esta abordagem de refinamento progressivo em 'design' envolve a colocação de uma primeira versão de um projeto para o mundo ver como ele funciona. Em seguida, o projeto é constantemente revisado baseado na experiência, até que todos os erros sejam trabalhados. O refinamento progressivo na indústria de carros foi lançado pelos japoneses, que ao contrário dos fabricantes americanos de automóveis, atualizam seus projetos com frequência, ao invés de esperar anos por um modelo de transição para aperfeiçoar projetos passados. A abordagem é também a base do estudo das aulas japonesas, onde grupos de professores se reúnem para aperfeiçoar suas práticas de ensino. (COLLINS; JOSEPH; BIELACZYK, 2004, p.18, traduzido).

Partindo assim de um princípio de design ou escolha de um produto de intervenção educacional, neste trabalho a TLS, passando pelo gerenciamento do processo ou organização do produto, planos de aula, a aplicação do produto, com os resultados passa ao re-design ou aprimoração do princípio de design inicial. Uma vantagem da DBR é a relação direta com a teoria e a prática, com premissas epistemológicas sobre o currículo (TLS) a ser aprendido, a relação com o produto educacional e os resultados destes. Outra vantagem é que ela não se apoia apenas em uma teoria para nortear o produto em sua implementação e avaliação e sim as mais diversas teorias a fim de proporcionar a melhor TLS, sendo assim, a melhor

prática possível a realidade local, por isso, pode ser adotada por qualquer profissional da educação.

a análise do processo leva ao refinamento no design, mas também alimenta um refinamento na teoria. A pesquisa em design deve sempre ter o objetivo duplo de aprimorar tanto a teoria 2 quanto a prática 3. [...] quando alguns aspectos do design não funcionam, a equipe de design, incluindo o professor, deve considerar diferentes opiniões para melhorar o design na prática e instituir mudanças no design tão frequentemente quanto necessário. (COLLINS; JOSEPH; BIELACZYC, 2004, p.19, traduzido).

Com isso percebemos que a DBR propõe análise do trabalho como um todo, resolvendo problemas de aplicação e gerindo as intervenções (TLS), logo, pode ser utilizada como ferramenta didática na produção de um produto educacional onde o mesmo trabalho, após o re – redesign realizada pelo professor ou pesquisador, terá as características locais. Então a DBR tem o caráter de suporte nas sequências de ensino – aprendizagem as TLS (Teaching – Learning Sequences), organizando o planejamento, a implementação e a avaliação para o re – design.

O desenvolvimento de uma TLS pode ser baseado em princípios de design diversos, tais como, a concepção dos estudantes, as características restritas do conteúdo específico, suposições epistemológicas, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas e características do contexto educacional e mesmo uma combinação delas. (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017. p. 6).

Piaget em suas pesquisas com crianças e adolescentes com idade escolar (PIAGET, 1974 a,b), buscando entender como o conhecimento científico é construído, na compreensão epistemológica e no currículo de ciências, permite e ajuda com sua teoria, professores na construção das TLS. Para Piaget os esquemas cognitivos de assimilação são utilizados para organizar e identificar a maneira com que o aluno esteja apto a diferenciar um novo conhecimento e acomodá-lo na estrutura de esquema disponível. Ao fazer estas pesquisas com crianças Piaget deixa claro a importância de uma situação-problema, um contínuo estímulo à pesquisa, descoberta e invenção para o início da construção do conhecimento, o que propomos neste trabalho é uma pergunta inicial que vai ser o diferencial entre o ensino expositivo onde o professor é o centro da aprendizagem e o ensino que permite o aluno a pensar, construir seu aprendizado e acomodar o conteúdo em um esquema disponível. O professor passando a tarefa de construção do conhecimento

ao aluno passa a mediar a construção do novo conteúdo pelos estudantes e aprendizagem efetiva.

a passagem da ação manipulativa para ação intelectual que tem lugar nesta construção, principalmente em crianças e jovens, e a importância da tomada de consciência de seus atos nestas ações (PIAGET, 1978, p. 93)

Desta forma a organização de uma TLS deve conter ações que façam com que os alunos interajam com o professor e entre eles, deve conter elementos manipulativos como um experimento, o que propomos neste trabalho. Isso nos leva aos mecanismos de construção e organização da aprendizagem nos esquemas pelos estudantes, onde Piaget introduz conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio (PIAGET, 1976). Dessa forma no ponto de partida devemos descobrir o que os alunos já conhecem ou como eles reagem e entendem a sequência a ser realizada para se chegar à resposta do problema, o estímulo e respostas observáveis proposto por Piaget, pois, toda nova aprendizagem tem origem no conhecimento já construído pelo indivíduo (ou seja equilíbrio). Mas com base neste conhecimento já construído pelo indivíduo propomos um problema, oportunizando os alunos a resolverem a situação (ou seja, desequilíbrio), provocando mudança nas estruturas cognitivas do educando e dando condições para que alcancem o entendimento de um conteúdo, uma nova aprendizagem, organizando a estrutura do novo esquema para acomodação de um novo conhecimento (ou seja reequilíbrio) (PIAGET, 1976). Quando o educando alcança a equilíbrio significa que sua estrutura cognitiva reagiu ao estímulo, ao conflito cognitivo, passando pela perturbação da desequilíbrio do esquema primário, acomodando, adaptando e assimilando o novo conteúdo, aumentando a estrutura de seu esquema, atingindo o equilíbrio novamente. Outro ponto importante deste trabalho é a interação social e cultural do indivíduo que eleva suas funções mentais, trazidas por Vygotsky (1984) que modifica a relação de aluno e professor em sala de aula. Na teoria vigotskiana a interação social mediada pela linguagem, permite utilizar aspectos culturais, transformando a mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (VYGOTSKY, 1984). Se deve prestar atenção a linguagem em sala de aula, pois, ela é um princípio cultural que faz parte da convivência social do aluno, essa comunicação é o principal agente de mudança transformadora da mente do educando. Outro ponto importante é o ambiente onde isso ocorre e como essa

comunicação acontece entre o aluno e o professor e vice-versa. Quando propomos a pergunta inicial queremos justamente essa interação, pois, o problema trará assuntos, informações e aspectos culturais dos próprios conteúdos que o problema nos levará em sala de aula. Um problema deve surgir, que não possa ser solucionado a não ser que pela formação de um novo conceito. (VYGOTSKY, 1962; apud SCHUTZ, 1990).

Quando falamos onde o problema nos levará, estamos descrevendo como o design da TLS (sequência de ensino-aprendizagem) será desenvolvida em relação a interação socioculturais da mente dos educandos a fim de buscar a transformação desta. Para Vygotsky outro ponto importante na aprendizagem do aluno está relacionado a ZDP que define a “zona de desenvolvimento real” definida pela habilidade do educando em resolver um problema sem interferência do professor ou de colegas, portanto consegue o desenvolvimento real da atividade e amplia seu conhecimento de forma autônoma, aumentando a dialeticidade com o design da TLS (sequência de ensino-aprendizagem), e o “nível de desenvolvimento potencial” definido pela necessidade do educando em ter a orientação do professor ou de um colega, isso significa que determinado conhecimento ou habilidade que o aluno construiu no processo não ficou interiorizado, pois, não foi totalmente entendido, conseguindo desenvolver somente com a ajuda de um colega ou do professor. Este potencial ficou na mente do educando quando a dialética de um conhecimento do desenvolvimento real, gerou habilidades em um nível menor do que os já internalizado, pois, ainda não completou o processo, tendo grande possibilidade de finalizar com a ajuda de um colega de classe ou do professor.

Como o design da nossa TLS se deu através de experimentos investigativos, onde os alunos em grupos podem trocar ideias e se ajudar coletivamente, a atividade também está dentro de outra teoria vigotskiana, chamada de sociointeracionistas. Onde o professor dentro desta proposta elabora questões que orientarão seus alunos, aumentando potencialmente a construção de novos conhecimentos sendo orientados por indivíduos mais experimentados intelectualmente, aumentando a interação social e assim o desenvolvimento potencial dos vários integrantes do grupo.

Vimos nos trabalhos de Piaget a maneira que os indivíduos, os educandos constroem o conhecimento, partindo de um problema ou de uma pergunta chave para que o aluno sai da equilíbrio, passando pela desequilíbrio e reequilíbrio com um novo conceito, pois, para Piaget um novo conhecimento tem origem num anterior.

O trabalho baseado na TLS (sequências de ensino-aprendizagem) que se sustenta nas DBR (pesquisa baseada em design) se encaixa perfeitamente com os trabalhos piagetianos dando base de como o educando constrói o seu conhecimento. Passamos aos trabalhos vigotskianos que também tem grande importância neste trabalho, enfatizando a importância da mediação da discussão da pergunta, do problema através do meio social e cultural com papel fundamental no desenvolvimento dos alunos, pois, “os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula” (VYGOTSKY, 1984, p. 56), nos dará condições para que os alunos aprendam os conceitos, os conteúdos que se quer ensinar, mostrando o direcionamento do design a ser utilizado no desenvolvimento da TLS.

Dentro desta mesma linha de pensamento temos também Bachelard (1938) quando fala que todo conhecimento é a resposta de uma questão. Pensando nisso esta questão, este problema tem que estar dentro do campo de conhecimento do aluno, do meio social ou cultural, buscando respostas espontâneas sobre o conteúdo que se pretende trabalhar. Nos levando a que Bachelard (1978) escreve:

Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros [...] não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega as aulas de Física com conhecimentos empíricos já construídos: trata-se, assim, não de adquirir uma cultura experimental, e sim mais precisamente de mudar de cultura, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1978. p. 119).

Para mudar esta cultura experimental do aluno não é tarefa fácil ao professor, pois, para derrubar estes obstáculos já instalados na mente do educando se deve usar argumentos como o método científico, fazendo com que ele entenda as etapas, raciocine e reflita sobre a experimentação científica, diferentemente dos conhecimentos empíricos construídos. É necessário levar o aluno da linguagem cotidiana a linguagem científica, como Lenke (1997) escreve:

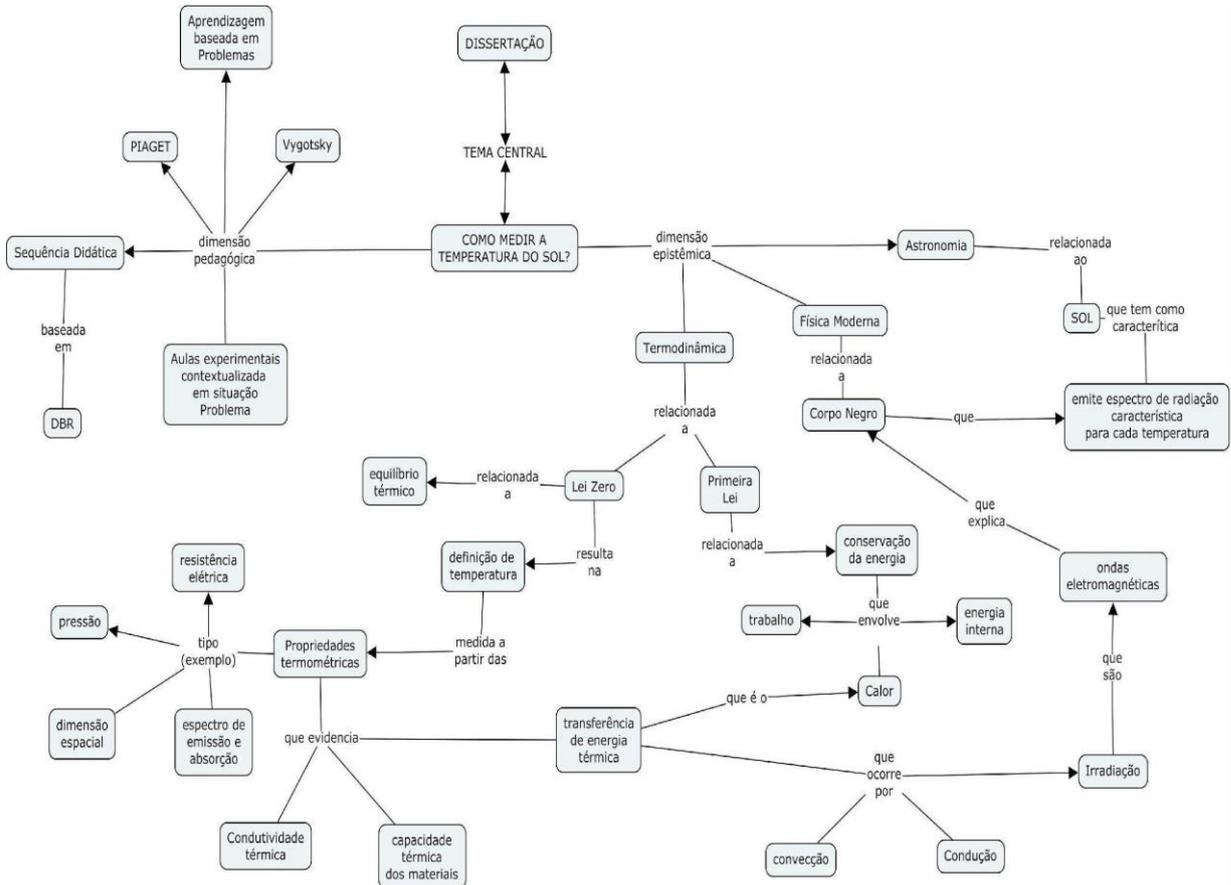
ao ensinar ciência, ou qualquer outra matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras [...] mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais que hão de ser cientificamente aceitáveis. (LENKE, 1997, p. 105)

Devemos prestar atenção em outras linguagens, pois, a linguagem verbal pode não ser suficiente na linguagem de Ciências, precisando de uma leitura

científica, descrevendo tabelas, gráficos, figuras e uma linguagem matemática na construção do novo conhecimento. Por isso devemos introduzir o aluno em todas as linguagens de maneira coerente além da linguagem verbal para que ele se sinta capaz de elevar seu conhecimento dentro da linguagem da própria disciplina, introduzindo o aluno na cultura científica por meio de cooperações entre o meio social, o meio cultural e o meio científico. Devemos salientar que não pretendemos fazer com que os alunos se comportem como cientistas, mas, que saibam como funciona a construção de um novo conhecimento e tenham condições de entender a linguagem que os cientistas usam, introduzir o aluno no uso do trabalho científico, ampliando sua cultura científica, evoluindo intelectualmente. Em relação aos conceitos epistemológicos propostos por Piaget e Vygotsky não vamos usar na íntegra, pois esse não é o objetivo deste trabalho, mas vamos utilizar para propiciar um ambiente onde os alunos possam construir seus próprios conhecimentos. É nesse contexto teórico que propomos o uso da TLS com princípios da DBR, pois a pesquisa baseada em design permite que o aluno descubra o acerto ou o erro devido à sequência de ensino-aprendizagem utilizada, redesenhando quando necessário. Esse modelo de ensino investigativo e de modelo didático propicia que o aluno a expor seus conhecimentos prévios para dar início aos novos, tendo ideias próprias, discutindo conceitos com os colegas e o professor, passando do conhecimento comum ao científico, entendendo os conhecimentos construídos por estudiosos do passado.

### 1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: DIMENSÃO EPISTÊMICA

Figura 01: Mapa Conceitual



Fonte: O autor (2018)

#### 1.4.1 Termodinâmica

A Termodinâmica começou como uma teoria macroscópica, que não fazia uso da estrutura microscópica da matéria, pois, foi desenvolvida no século XIX, quando não havia uma comprovação cientificamente estabelecida da existência de átomos e moléculas. Ela estuda os fenômenos que envolvem a transferência de energia, o equilíbrio térmico e comportamento da matéria que levam ou decorrem desses. Assim foram definidos os princípios básicos ou leis da termodinâmica. São quatro leis empíricas poderosas que são válidas no mundo macro e microscópico, em todo espectro de escalas de medidas. A Primeira Lei foi proposta considerando a conservação da energia; a Segunda Lei surge em consequência da existência de processos espontâneos e as limitações dos rendimentos das máquinas térmicas, o

que gerou a definição do conceito de Entropia; A Lei Zero, que foi definida após a primeira e a segunda, mas considerada anterior hierarquicamente, ela define uma grandeza para determinar o equilíbrio térmico – a Temperatura; finalmente há ainda a Terceira Lei, conhecida como postulado de Nernst, definir a relação entre a temperatura zero absoluto e a Entropia. (HALLIDAY; RESNICK; JEARL WALKER, 2012). A terceira não é trabalhada no ensino médio, não tendo aplicação que seja visível no cotidiano dos alunos é pouco estudada na formação dos professores.

Neste trabalho o interesse é no desenvolvimento da lei zero, na evolução da medida de temperatura, do conhecimento das propriedades térmicas dos materiais e da estrutura da matéria. Tudo isto usando como suporte a aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica. Desta forma é necessário estabelecer o conceito de temperatura e calor, quais as formas de transferência de calor e como a matéria se comporta quando absorve ou libera energia. O estudo, usando a Sequência de Ensino-Aprendizagem, evolui até incluir fenômenos que só tiveram explicação com o surgimento do paradigma da Mecânica Quântica. O estudo permitirá no final da Sequência construir o conhecimento para responder à pergunta: Como medir a Temperatura do Sol?

#### 1.4.2 Lei Zero e a Primeira Lei da Termodinâmica

A Lei Zero é assim denominada por ser considerada mais básica que as outras e ter surgido após as definições da primeira e segunda lei. Ela introduz o conceito de temperatura a qual caracteriza o estado de equilíbrio térmico entre sistemas diferentes. Definição encontrada na literatura para a Lei zero é “se um sistema A está em equilíbrio térmico com o sistema B e com o sistema C, então B está em equilíbrio térmico com C”. O equilíbrio térmico é caracterizado quando os sistemas não alteram suas propriedades físicas características quando estão em contato. Não há transferência de energia entre os que estão em contato. Pela definição é possível dizer se dois sistemas estão em equilíbrio mesmo que não estejam em contato, por meio de um terceiro. Neste sentido podemos perceber que a interação entre A, B e C, envolve a troca de energia, na forma de calor até parar no momento em que ocorre o equilíbrio térmico definindo, assim, a temperatura do sistema em estudo está em equilíbrio. Então, para verificar se A e B têm a mesma temperatura, não há necessidade de colocar os sistemas em contato térmico, basta verificar se ambos

estão em equilíbrio térmico com um terceiro C. Este terceiro é denominado de termômetro.

O Termômetro se tornou um instrumento importante contribuindo para a evolução da ciência e da tecnologia, se tornando fundamental no dia a dia das pessoas principalmente com o seu uso em casos relacionados a doença e ao clima. Sua utilização historicamente data de épocas bastante anterior a definição da lei zero como um princípio da termodinâmica (ROCHA et al, 2002). Este instrumento é calibrado de acordo com uma propriedade universal, ou seja, invariante ao local, a forma de observar ou ao observador. Geralmente é usado o ponto triplo da água (escala Celsius), ou o estado de menor energia absoluta dos materiais ou entropia nula (Escala Kelvin). O zero da escala Kelvin corresponde ao estado de energia cinética nula.

A característica de um sistema em equilíbrio térmico é estar em um estado de mínima energia, suas propriedades térmicas não mudam com o tempo, sua entropia é máxima e não há transferência de energia entre sistemas.

Para entender os processos termodinâmicos é fundamental entendermos o diz a Primeira Lei da Termodinâmica. Ela está relacionada a conservação da energia. Ela diz que nos processos a variação da energia interna ocorre devido à transferência de energia na forma de calor mais aquela na forma de trabalho. O trabalho está relacionado ao esforço do sistema ou sobre o sistema para superar, ou exercer, uma força sobre ele. Neste caso o movimento moléculas ocorre de forma ordenada numa determinada direção. Por sua vez, o Calor é a energia transferida pela interação entre as moléculas e que provocam desordem em seus movimentos, ou uma agitação em torno de uma posição. A forma matemática da primeira lei é

$$dU = \partial Q - \partial W$$

onde  $\partial Q$  e  $\partial W$ , são derivadas parciais do calor e dor trabalho, que significa que o cálculo da transferência de calor e da realização de trabalho depende do processo termodinâmico. Enquanto que a  $dU$  variação da energia interna é independente do processo. Essa energia é uma variável que caracteriza o estado do sistema.

No ensino médio a definição é

$$\Delta U = Q - W$$

a definição usando soma ou subtração varia conforme a definição de sinais para o trabalho realizado sobre ou pelo sistema. Neste caso, foi usado negativo para o trabalho sobre o sistema, ou seja, trabalho contribuirá para aumentar a energia

interna do sistema. O trabalho realizado pelo sistema entra na equação com sinal positivo, assim diminuirá a energia do sistema.

No momento em que se está explicando sobre calor sempre há por parte dos alunos uma confusão com o conceito de temperatura. O principal motivo está no senso comum decorrente da linguagem cotidiano que se refere ao “calor” como uma sensação de um dia quente, por exemplo. Vários trabalhos já foram desenvolvidos usando esse tema.

Mas, é importante que o professor consiga que os alunos aprendam que a definição de Temperatura é uma característica própria do sistema, do corpo. Enquanto, que o calor está relacionado a energia que está chegando ou saindo do corpo, não sendo uma característica própria dele, mas sim do processo. A temperatura pode ser relacionada a energia interna do sistema que caracteriza um estado do sistema. Ela não muda quando não há mudança de temperatura. A relação entre energia interna e temperatura leva ao teorema da equipartição da energia.

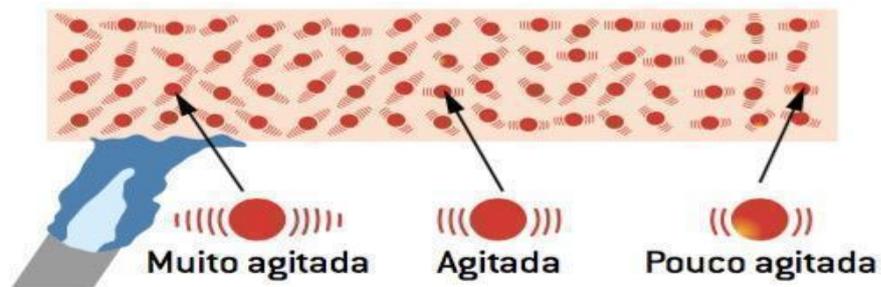
Por outro lado, no processo isotérmico ocorre transferência de calor, no processo adiabático não ocorre transferência de calor, mas ocorre mudança de temperatura. A transferência de energia relacionada ao calor, numa visão microscópica, é aquela que provoca nas partículas movimentos desordenados. Esse estudo envolve a compreensão dos processos de transferência de energia que se dá devido a uma diferença de temperatura entre os sistemas.

Essas transferências ocorrem por: Condução, por Convecção e por Irradiação. Essas formas de transferências conduz os corpos ao estado de equilíbrio térmico com a sua vizinhança.

A condução ocorre devido a interação dos componentes da estrutura dos corpos. A condução leva ao equilíbrio do sistema, ou corpo como um todo. Como isto ocorre é caracterizado pela propriedade chamada de condutividade térmica. Essa propriedade reflete como a transferência de energia na forma cinética ocorre, e depende da energia potencial da interação dos elementos químicos que compõem as moléculas. Na interação entre as moléculas as menos energéticas ganham energia colidindo com moléculas mais energéticas. Essa interação também ocorre entre as moléculas de dois corpos que estão em contato direto. Observa-se uma elevação de temperatura do corpo mais frio que absorve a energia do mais quente. Destacamos aqui a impossibilidade do mais quente absorver a energia do mais frio, que é exatamente o conceito estabelecido pela segunda lei da termodinâmica.

Evidentemente que os valores da condutividade térmica são bem diferentes para sólidos, líquidos e gases, já que as interações entre as moléculas têm módulos bem diferentes. Nos gases prevalecem as trocas de energias por interação do tipo choque entre as moléculas, enquanto que nos sólidos prevalece a interação por vibração das moléculas que alteram as ligações químicas. Por outro lado, nos líquidos ocorrem as duas situações. Veja na figura 02 a ilustração da agitação das moléculas transmitindo o calor uma a uma a partir da fonte de energia (a vela) por condução térmica:

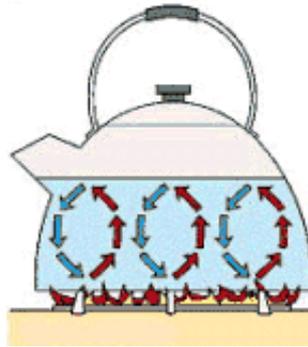
Figura 02: Esquema da agitação das moléculas, mostrando o fluxo de calor e a propagação de calor por condução.



Fonte: GOUVEIA (2018).

Na convecção a energia é transferida pelo movimento de um fluido ou gás que faz parte de um sistema com diferenças de temperatura no seu interior. Um fluido aquecido em um local específico, em geral, diminui de densidade nesta parte. O fluido quente sobe sendo substituído pelo fluido mais frio que desce, por ser mais denso (NUSSENZVEIG, 2014). Então, a convecção se equivale ao calor transferido pelo movimento de matéria de uma região para outra do fluido ou gás. Evidentemente há no processo a contribuição da condução térmica. Um exemplo, é mostrada da figura 03 onde numa chaleira em aquecimento, se ilustra como ocorre o movimento de convecção, destacados por meio das setas se referindo a mudança de posição do fluido que ali está sofrendo a ação de uma fonte de energia. Por exemplo, no Sol a energia térmica produzida por reações termonucleares é transferida calor por convecção.

Figura 03: Esquema de como ocorre a convecção de um fluido em uma chaleira em aquecimento.



Fonte: STENSMANN (2017)

A irradiação é uma forma de transferência de energia que está relacionada a emissão e absorção de ondas eletromagnéticas. As cargas em movimento acelerado emitem ondas eletromagnéticas, por outro lado absorvem as ondas alterando seu estado de movimento. A energia está armazenada nos campos elétrico e magnético que compõem a onda, que se propaga independentemente da existência de meios materiais. A perda de energia, emissão da onda, provoca um resfriamento, enquanto que a absorção provoca um aumento de temperatura. Essa irradiação transfere o calor de um ponto a outro através da radiação eletromagnética, não precisando de um meio material para se propagar, se propagando também pelo vácuo (NUSSENZVEIG, 2014). Um exemplo de radiação eletromagnética é a radiação emitida pelo Sol, que se propaga pelo vácuo no espaço sideral até atingir a Terra.

A matéria exibe características, ou propriedades, que se alteram devido a troca de energia. Essas propriedades podem ser utilizadas para definir a existência de equilíbrio térmico, e uma possível medição dessa condição, por meio de uma definição de escala. Às vezes essas propriedades que são óbvias, como por exemplo as dimensões espaciais de um corpo, às vezes sua resistência elétrica ou a emissão de luz visível ou não.

Portanto, para medir a “temperatura do Sol” é importante, além de conhecer a definição de temperatura, é reconhecer como ocorrem as trocas de calor e as propriedades térmicas da matéria. Conhecendo essas propriedades podemos definir como será nosso termômetro. Pode ser o tradicional termômetro de mercúrio, pode ser o digital, mas pode ser um termômetro baseado na sua cor, ou mesmo um que analise a emissão de radiação eletromagnética.

### 1.4.3 Propriedades Térmicas, Condutividade e Capacidade Térmica

As propriedades térmicas dos materiais, ou sistemas, são consequências de sua estrutura e sua composição química. O comportamento dessas propriedades com a temperatura, portanto, é reflexo de como sua estrutura absorve ou libera sua energia na forma de calor. Assim, estudando a capacidade de absorção, ou emissão, de energia e como ela se propaga torna possível a compreensão da diferença entre calor e temperatura, é possível desenvolver termômetros, e desenvolver utilidades práticas e tecnológicas com estes materiais.

O termômetro mais comum é o de mercúrio, que consiste em um tubo capilar fechado e evacuado com um bulbo contendo a substância mercúrio. A medição se dá devido ao aumento ou diminuição de volume de mercúrio em virtude da variação de temperatura. O aumento ou diminuição do volume reflete a necessidade de mais ou menos espaço para vibração das moléculas, evidenciando que a densidade do mercúrio aumenta ou diminui em função da temperatura. No caso do mercúrio a dilatação é uma função linear na faixa de temperatura na qual esse termômetro é comumente usado. Então, a variação da coluna de mercúrio no termômetro mostra o fenômeno da dilatação térmica, devido uma alteração na temperatura de um corpo (NUSSENZVEIG, 2014).

Esta medida não ocorre somente através da dilatação térmica, ela pode ocorrer também por outras propriedades termométricas, como, a cor, com por exemplo a chama de um fogão que tem a cor azulada e a chama de uma vela com cor amarela, elas são diferentes, não só pela cor, mas também pela temperatura das chamas ou ainda com um exemplo simples relacionado a nossa questão central, a cor das estrelas que estão intimamente ligadas a temperatura, uma de cor azul tem temperatura muito superior à que tem cor amarela por exemplo, e a resistência elétrica que se baseiam na variação de resistência ôhmica em função de uma variação de temperatura, aumentando a resistência quando a temperatura aumenta e diminuindo a resistência quando a temperatura diminui por exemplo. O bulbo de cerâmica ou vidro destes termômetros possuem uma resistência de fio de platina, níquel ou cobre que tem a propriedade resistiva e consequentemente fazendo a medida da temperatura.

Então, os diferentes tipos de termômetros são instrumentos construídos para medir a temperatura, aproveitando ao máximo a propriedade termométrica da substância ou material utilizado na construção.

#### 1.4.4 Capacidade Térmica, Calor Específico, Calor Sensível e o Calor Latente.

A característica da emissão e absorção de calor pelos materiais é muito importante para definições de aplicações práticas e tecnológicas, além disso o estudo dessa característica foi fundamental para a evolução da física. No ensino tradicional desse conceito, no nível médio, o destaque se dá apenas ao as denominações e ao cálculo matemático da aplicação de uma fórmula (“Qmacete”, por exemplo) que precisa apenas decorar.

Capacidade térmica é a grandeza física que exprime a relação entre a quantidade de calor fornecida, ou retirada, de um corpo e a sua variação de temperatura. É uma característica do corpo e depende da sua massa de forma proporcional, sendo assim uma propriedade extensiva. Associada a ela há a grandeza Calor Específico, que é a capacidade térmica por unidade de massa, uma grandeza intensiva, independe da quantidade. Essa independência da massa faz o calor específico mais representativo da característica do sistema. A capacidade térmica não é constante, embora esse comportamento seja deixado a entender no ensino médio. Exemplos como o comportamento da capacidade térmica da água é tomada como um comportamento geral das substâncias. A capacidade térmica é definida pela equação

$$C = \frac{\partial Q}{\partial T}$$

Ou seja, é a razão da variação do calor envolvido pela variação ocorrida na temperatura. Ela pode ser medida quando o volume é mantido constante, ou quando a pressão é mantida constante. Essa simbologia de variação indica o cálculo de diferenças infinitesimais. No ensino médio é ensinado que

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

esta simbologia indica cálculo de variações usando diferenças maiores, levando a perda de detalhes na variação da transferência de calor. Apesar de facilitar a matemática deixando os cálculos apropriados para o ensino médio, detalhes das

informações sobre o fenômeno são perdidas sendo necessário destacar esta situação para os alunos.

Uma medida importante ocorre para situações de transição de estado, ou fase, das substâncias. Nesta situação o calor absorvido ou cedido não altera a temperatura da substância. A energia transferida é usada para o arranjo ou desarranjo da estrutura física da substância. Assim, é definido o calor latente

$$L = \frac{\Delta Q}{m}$$

Aqui podemos destacar que o importante para a aprendizagem não é a fórmula, mas o processo físico envolvido na transição de fase. Em relação ao cálculo convém destacar que o estudo das transições de fase é uma das áreas de pesquisa mais dinâmica da física, que explora a universalidade das transições para as diferentes substâncias e natureza das suas fases. Calor Sensível é a denominação dada ao calor cedido ou absorvido que provoca mudança no sistema... (interessante discutir relação de calor com a energia interna, como surge a equação  $Q = mc\Delta T$ )

## 1.5 CARACTERÍSTICAS DO SOL

A astronomia teve início a partir da curiosidade para entender os fenômenos da natureza principalmente aqueles que o influenciam como o dia e a noite que estão presentes as nossas vidas cotidianas, levaram o ser humano a observar o céu. Esta observação mostrou uma correlação com fatos futuros ajudando a prever e planejar ações, como o posicionamento do sol definia as estações, era possível planejar migrações, plantações e caça, que ajudavam na sobrevivência. Assim, surgiu a Astronomia uma das ciências mais antigas. Ela estuda os corpos celestes na busca de explicações sobre as observações dos fenômenos que ocorrem dentro e fora da Terra. Estas observações realizadas pelos cientistas do passado permitiu o desenvolvimento da astronomia moderna, com o surgimento do telescópio nos levou a astronomia observacional, e a astronomia teórica, com o surgimento da Mecânica Newtoniana.

A mecânica Newtoniana nos trouxe a ideia de interação a distância entre corpos materiais. Para conhecer algo precisamos interagir com ele. Assim, para responder a nossa questão fundamental nesse trabalho precisamos saber como interagir com o Sol. Newton propôs a lei da gravitação, então sabemos que o Sol

interage gravitacionalmente com a terra, fazendo-a girar em torno dele. Ao observarmos o Sol interagimos com ele por meio da luz que ele irradia e que nos fornece a maior parte da energia para nossa sobrevivência.

Portanto, a importância do Sol para os habitantes da terra, que a chegou a levá-lo a condição de deus, embora agora seja apenas a uma estrela entre bilhões, traz um apelo importante para contextualizar conceitos fundamentais da física. A seguir será explorado as características do Sol e como o estudo da luz que ele emite pode trazer informações importantes.

A teoria do Big Bang estima que o universo começou a mais de 13 bilhões de anos, que sua temperatura inicial era da ordem de  $10^{39}$  K. Após o Big Bang inicial a expansão provocou um resfriamento que levou a ter atualmente a temperatura de aproximadamente 3 K, muito próxima ao zero absoluto. Com o Big Bang as forças fundamentais surgiram, as partículas foram formadas, as estrelas, os planetas, as galáxias e o resto do universo. Estima-se que nosso sistema solar tenha se formado a 4,7 bilhões de anos.

Nosso sistema solar é composto pela estrela chamada Sol, por planetas, luas, planetas anões, asteroides e cometas. Como vivemos na vizinhança do Sol, sua radiação deixa a temperatura da Terra confortável, se não fosse isso estaríamos a mesma temperatura do Universo. O Sol fornece quase toda a energia que consumimos, interferindo diretamente no nosso dia-a-dia (LLEWELLYN; TIPLER, 2001). A maneira como medimos o tempo, nossa percepção visual e a nossa própria existência estão ligadas a posição da terra em relação ao Sol. Nossa visão está condicionada a radiação eletromagnética, luz visível, que penetra em nossa atmosfera, já a escala de tempo está relacionada com o movimento do planeta Terra em torno do Sol e da Lua em torno da Terra.

O Sol é a estrela mais próxima de nós, entre as 100 bilhões que existem na via láctea, servindo de base para o conhecimento de outras estrelas, que para nós parecem apenas como pontos de luz, devido a distância que se encontram do planeta Terra, mesmo usando telescópios muito potentes. Estudar a superfície do Sol nos ajuda a compreender os processos físicos envolvidos em seu interior e esse conhecimento pode ser aplicado a outras estrelas.

Dos estudos científicos se sabe que a temperatura no centro do Sol chega aproximadamente a 14.000.000 K (CANIATO, 2011), mas quando sai do núcleo sua temperatura diminui drasticamente chegando a 7.000.000 K e quando chega a

superfície sua temperatura diminui mais ainda chegando a aproximadamente 5 800 K. No decorrer de bilhões de anos as propriedades do Sol mudam lentamente, onde é possível observar que seu raio teve um aumento de 15%, a temperatura aumentou nesse mesmo tempo em torno de 100K e a luminosidade aumentou em 40%. A seguir algumas características de nosso Sol.

Tabela 1 - Informações sobre o Sol.

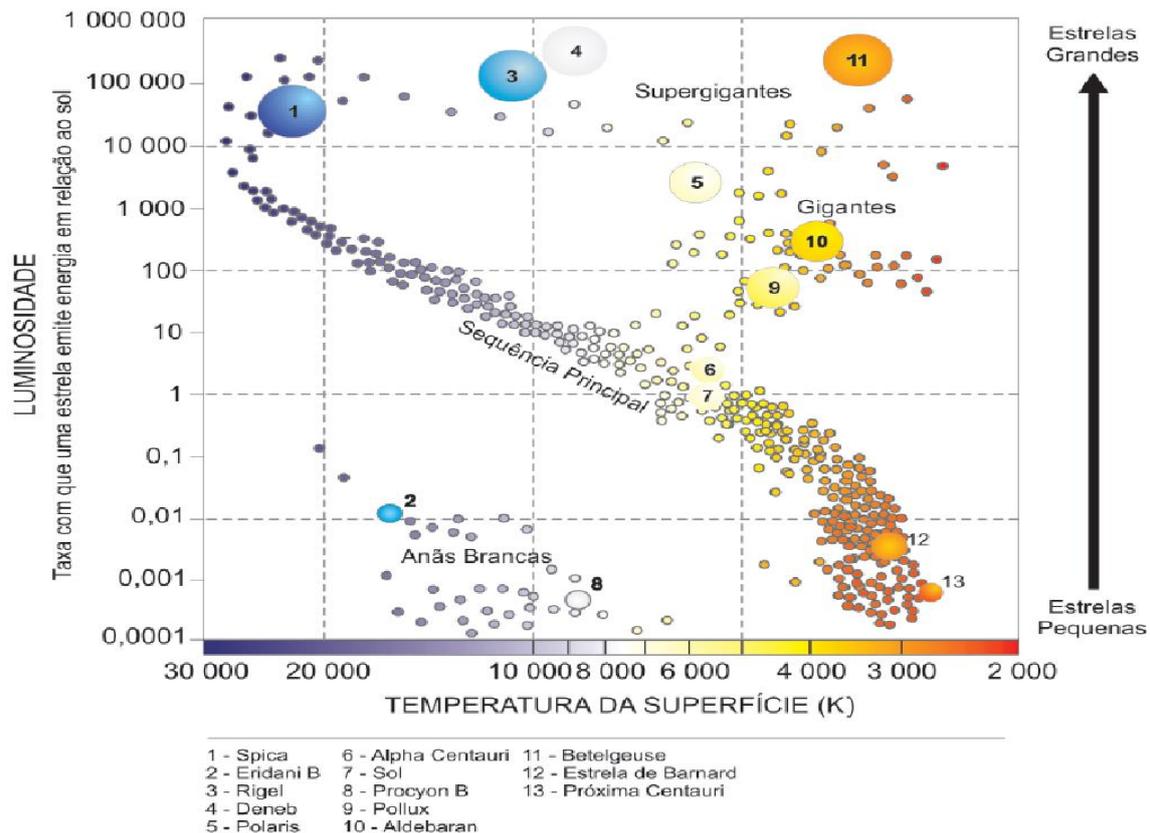
Grandeza Física	Valor Aproximado
Massa	$M = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
Raio	$R = 6,96 \times 10^5 \text{ km}$
Densidade média	$\rho = 1409 \text{ kg/m}^3$
Densidade central	$\rho_c = 1,6 \times 10^5 \text{ kg/m}^3$
Distância	1,02 - 0,98 UA, (1 UA = $1,496 \times 10^8 \text{ km}$ )
Luminosidade	$L = 3,9 \times 10^{26} \text{ watts} = 3,9 \times 10^{33} \text{ ergs/s}$
Temperatura efetiva (corpo negro)	$T_{ef} = 5785 \text{ K}$
Temperatura central	$T_c = 1 \times 10^7 \text{ K}$
Composição química principal (Nº)	Hidrogênio = 91,2 %
Hidrogênio	92,1000%
Hélio	7,8000%
Oxigênio	0,0610%
Carbono	0,0300%
Nitrogênio	0,0084%
Néon	0,0076%
Ferro	0,0037%
Silício	0,0031%
Magnésio	0,0024%
Enxofre	0,0015%
Todos os restantes	0,0015%
Período rotacional no equador	25,67 d
na latitude 75°	33,40 d

Fonte: LEITHOLD (1998)

Dentro do nosso Sol cabem aproximadamente 1.300.000 Terras (HAMILTON, 1997), isso nos mostra o quanto ele é bastante grande comparado com o nosso planeta. Existem estrelas com massas maiores ou menores que a do Sol, estas estrelas podem ser observadas pelo seu brilho, sua cor, a sequência principal, a temperatura e a luminosidade emitida pelas estrelas. A figura 04 é conhecida como Diagrama Hertzsprung-Russel (HR) mostra algumas estrelas conhecidas próximas ao Sol e a posição que se encontra em relação às características de temperatura, luminosidade, tamanho e cor. Também podemos observar que as estrelas não se encontram em um único lugar mas se concentram mais na diagonal (sequência

principal), outro ponto que o diagrama HR mostra a posição da estrela em relação ao diagrama e não em relação ao espaço, vejamos na figura 4 algumas estrelas sua posição, temperatura da superfície e luminosidade listada no diagrama HR.

Figura 04: Gráfico mostrando a sequência das estrelas, em relação a sua temperatura, intensidade luminosa, cor, estrelas pequenas e estrelas grandes.



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA, 2013.

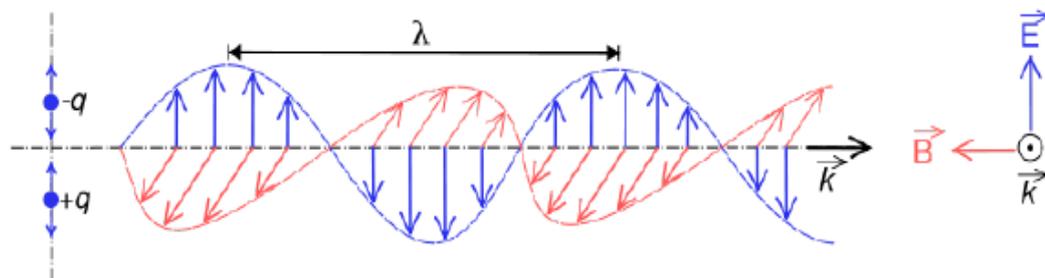
A maioria das estrelas em torno de 85%, incluindo nosso Sol, se encontram ao longo da sequência principal e para todas a luminosidade é proporcional à sua temperatura efetiva na 4ª potência e ao seu raio ao quadrado. Podemos perceber que a escala de classificação das estrelas se relaciona com a radiação emitida por ela, a radiação eletromagnética, que dependendo da matéria existente em sua composição, a estrela terá a cor (propriedade intrínseca) observada.

### 1.5.1 Radiação Eletromagnética

Graças aos estudos de J. K. Maxwell que elaborou as equações que definiu um modelo teórico para o eletromagnetismo unificando os fenômenos elétricos,

magnéticos, ópticos e luminosos. Assim, a luz passou a ser reconhecida como onda formada de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço com uma velocidade de aproximadamente 299.792.458 m/s no vácuo, a figura 05 mostra um modelo da unificação dos campos elétrico e magnético, formando assim a onda eletromagnética se propagando pelo espaço.

Figura 05: Modelo de Onda Eletromagnética, mostrando a presença do campo elétrico e campo magnético perpendiculares entre si.



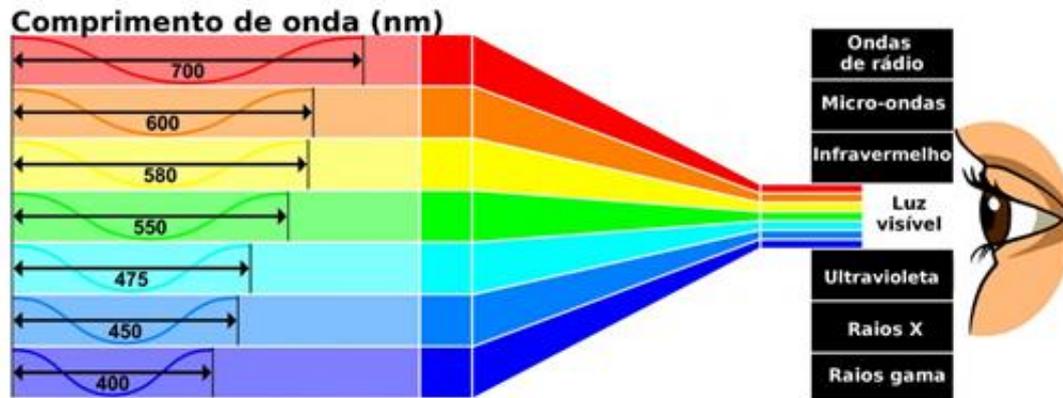
Fonte: WIKIWAND (2017)

Essa onda traz como características a sua velocidade de propagação, o comprimento de onda e sua frequência. Ela não necessita de um meio para se propagar, mas a sua velocidade de propagação varia com o meio, sendo que alcança sua maior velocidade no vácuo.

Como uma onda eletromagnética pode ser gerada? A teoria de Maxwell mostra que uma onda eletromagnética pode ser gerada em situações em que o campo elétrico ou magnético varia com o tempo. Isto significa por exemplo que se uma carga elétrica está em movimento acelerado ela produz uma onda eletromagnética. Uma outra forma são as transições eletrônicas, um fenômeno estritamente quântico. Quando um elétron no átomo perde energia e vai para um nível de energia mais baixo, uma onda eletromagnética é emitida. Quando ele absorve uma radiação eletromagnética ganha energia, e vai para um nível energético mais alto.

Como qualquer onda a radiação eletromagnética pode ter seu comprimento de onda, de zero ao infinito, dependendo de como foi gerada. Assim, como mostrado na figura 06 ela possui um espectro que vai das ondas de rádio até os raios gama. A luz visível é apenas uma pequena faixa do espectro.

Figura 06: Diagrama de uma onda eletromagnética, mostrando a decomposição da luz visível a nossos olhos, o comprimento de onda em relação a cores a faixa que vai dos raios gama as ondas de rádio.



Fonte: SILVA JÚNIOR (2017)

Um dos primeiros estudos sobre a natureza da Luz do Sol foi feito por Newton. Ele percebeu que a luz do sol se decompõe nas cores do arco-íris. Além disso, o mais importante é que ele percebeu que era possível recompor as cores para formar uma igual a luz solar incidente. Assim, ele descobriu que a luz do sol é uma composição de luz de diferentes cores. Newton propôs que os raios luminosos fossem um feixe de partículas, alimentando a controvérsia entre a visão de onda luminosa de Aristóteles e a da visão corpuscular de Pitágoras e Platão que ainda perdurava. No entanto, os experimentos de Huygens, Young e Fresnel definiram a vitória provisória da concepção ondulatória só abalada com o nascer da física quântica. Os experimentos de difração, interferência e polarização foram determinantes para a consolidação da visão ondulatória. Mas, o efeito fotoelétrico e a radiação de corpo negro foram determinantes para a concepção da dualidade onda – partícula da Mecânica Quântica. Assim, entende-se atualmente que a luz, ou a radiação eletromagnética, possui a propriedade de se comportar como onda e como partículas, chamadas de fótons, dependendo do fenômeno estudado.

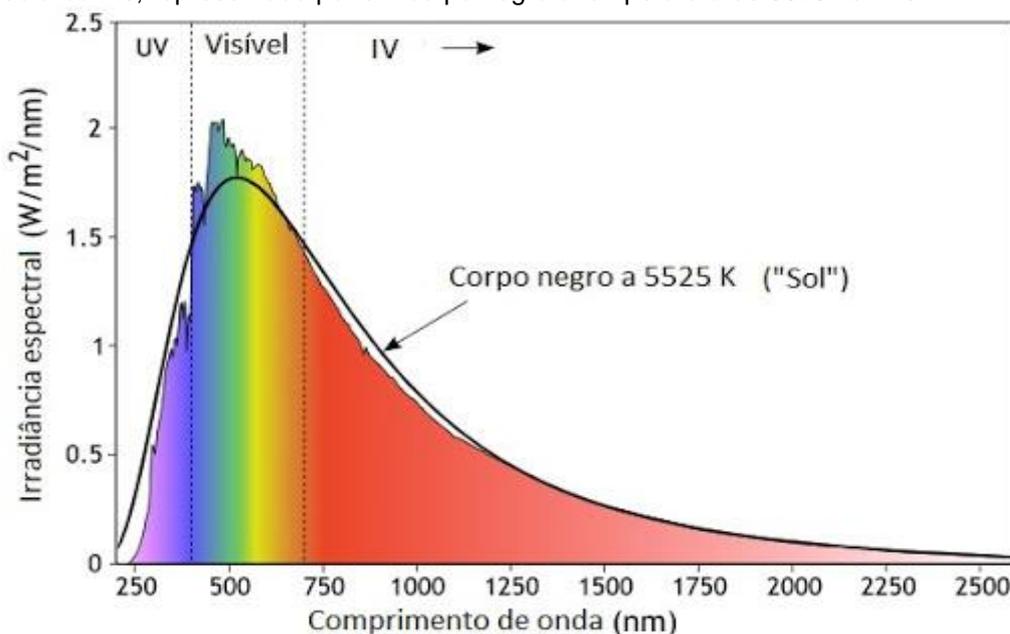
A associação da luz de diferentes cores, ou frequências de ondas, com a temperatura foi encontrada por F. William Herschel. Usando um experimento semelhante ao de Newton, ele mostrou que a luz de diferentes cores incidindo sobre um termômetro produziam diferentes variações de temperatura. Além disso, ele observou que havia uma “cor” não visível antes do vermelho que produzia alteração nos termômetros, concluindo que o espectro de luz é mais amplo que o visível. Assim,

ele descobriu as ondas do infravermelho, ideia que levou também a descoberta do ultravioleta, e assim por diante.

O fato da cor está associado a temperatura é conhecida desde a antiguidade quando os metalúrgicos sabiam a temperatura certa para trabalhar com os metais, observando sua cor quando aquecido. Assim, havia um forte interesse econômico no estudo das cores dos materiais com a variação da temperatura. Portanto, era importante analisar como se comportava um corpo que só emitia a radiação eletromagnética característica da sua estrutura em determinada temperatura. Sem a influência das radiações que incidia sobre ele. Então, na segunda metade do século 19 o espectro de radiação de um corpo negro era bastante estudado e chamava a atenção por não ser possível ser explicado pelas teorias clássicas de Newton e Maxwell.

Podemos observar que toda a radiação emitida pelo Sol é devida estrutura, a sua composição. Não há reflexão de ondas incidentes sobre ele o que o caracteriza como um Corpo Negro. O espectro da radiação será característica da sua temperatura. O estudo do espectro de radiação de Corpo Negro resultou nas Leis de Stefan – Boltzmann, de Wien e de Planck, que se discutidas mais adiante. Na figura 07 é mostrado a comparação entre o espectro de radiação do sol e a curva obtida usando para um corpo negro na temperatura indicada usando a lei de Planck.

Figura 07: A imagem mostra que o espectro da luz do Sol é formado pela mistura de todas as cores do arco-íris, representado por um corpo negro a temperatura de 5525 kelvins.



Fonte: SILVA JUNIOR (2017)

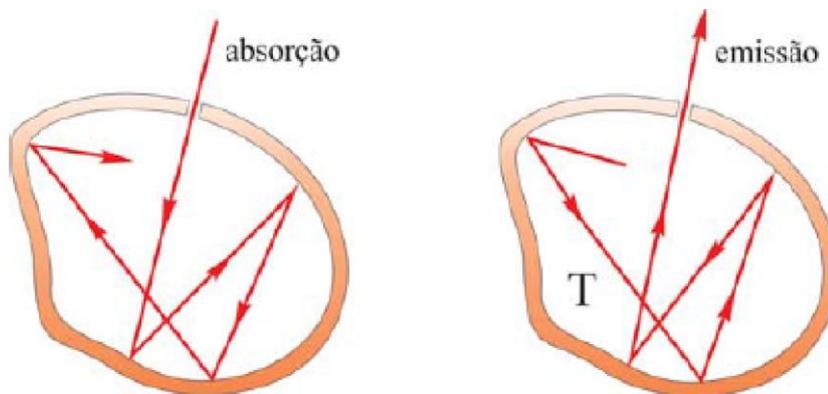
## 1.6. FÍSICA MODERNA

A física no final do século XIX para alguns cientistas havia chegado ao fim com a mecânica de Newton e as equações de Maxwell. Mas no início do século XX alguns cientistas perceberam que havia lacunas na explicação de certos fenômenos da natureza, mostrando que a física clássica era incapaz de explicar estes fenômenos. Para explicar estes fenômenos os estudos se voltaram ao estudo do Átomo, a Teoria da Relatividade de Einstein, a Mecânica Quântica e a Radioatividade. Nesta época se tentava explicar como ocorria a radiação térmica quando se aquecia um objeto metálico que no início do aquecimento sua radiação ocorre no espectro do infravermelho, na sequência do aquecimento passa a brilhar na cor vermelha e com muito mais calor irradia a cor branca, sugerindo um espectro de emissão contínuo totalmente dependente da temperatura do corpo e do material que o compõe.

### 1.6.1 O Corpo Negro

Um corpo capaz de absorver toda radiação incidente independente do comprimento de onda e da direção de incidência, emissor perfeito de energia radiante e isotrópico, dependendo do comprimento de onda e da temperatura, mas não depende da direção é um corpo negro ideal (LHEWELLYN; TIPLER, 2001). Uma maneira de simular um corpo negro é usar uma superfície que não influencie a radiação, um sistema que se aproxime de um corpo negro ideal, uma boa aproximação é uma cavidade com uma abertura muito pequena e isolante, onde a luz entra pela abertura, reflete pelas paredes interiores até que seja totalmente absorvida por elas, dessa forma toda radiação que for emitida e sair pela abertura se deve a temperatura no interior da cavidade. O nome de corpo negro está relacionado ao fato de que alguém olhando de fora para a abertura na cavidade veria apenas a cor preta, mesmo percebendo o calor emanado por ela, percebendo que nenhum comprimento de onda visível escapa do corpo negro, ainda que ele emita radiação infravermelha, mas isso só ocorre a temperatura moderada, em geral abaixo de 600 °C, pois, em altas temperaturas partes da radiação emitida será no espectro visível. Em geral acima de 600 °C o corpo tem energia suficiente no espectro visível, sendo assim tem energia para que o corpo comece a brilhar com luz própria na cor vermelho escuro (LHEWELLYN; TIPLER, 2001). Na figura 08 temos um modelo de corpo negro.

Figura 08: A figura mostra o que ocorre em um Corpo Negro ideal em sua absorção a esquerda e a emissão a direita. Toda a radiação incidente é absorvida, a radiação emitida ocorre apenas com aquelas geradas devido a temperatura do Corpo.



Fonte: LIMA (2013)

Max Planck propôs que a radiação de corpo negro era descontínua, emitida por partículas denominadas de fótons, transportando uma quantidade, uns quanta de energia bem definida. Para explicar esta teoria Planck introduziu a ideia de osciladores elétricos no interior da cavidade de corpo negro resultando na absorção e reemissão de quanta de energia pelos átomos da parede, expressando a energia de cada quanta como um múltiplo de  $h\nu$ , sendo assim:  $E = nh\nu$ .

Qualquer corpo em equilíbrio termodinâmico com seu próprio campo de radiação emitirá fótons com intensidade específica de energia para um corpo negro com temperatura  $T$ , que será dada pela Lei de Planck (MULLER; SARAIVA, 2015) da seguinte maneira:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\frac{e^{hc}}{\lambda KT} - 1}$$

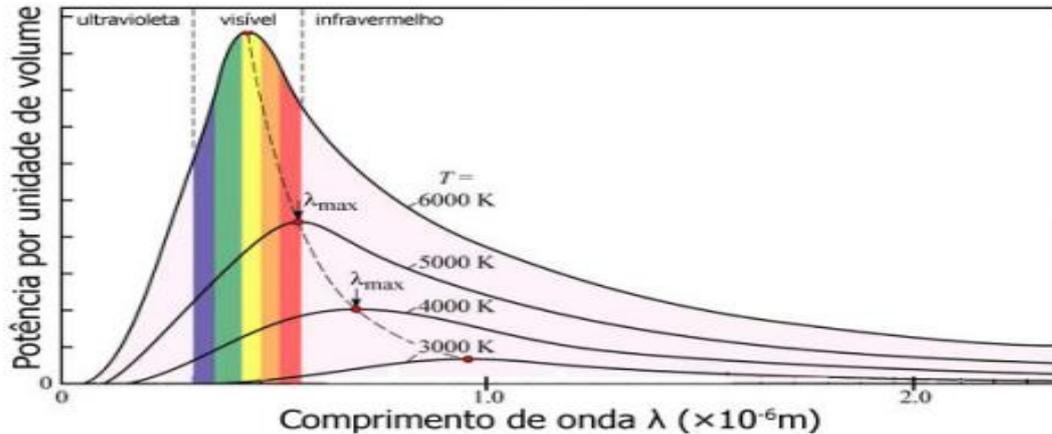
Já a Lei de Planck (MULLER et al., 2015) em termos de frequência fica descrita da seguinte maneira:

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\frac{e^{h\nu}}{KT} - 1}$$

Para Wien a intensidade máxima do comprimento de onda emitida por um corpo negro é inversamente proporcional a temperatura absoluta, desta forma o brilho máximo de luz emitida pelo corpo se tornaria cada vez mais curto, se deslocando para o espectro violeta. Essa descoberta é conhecida por Lei de Deslocamento de Wien dada por  $\lambda_m T = \text{constante}$ , onde a constante de Wien é 2,898

$\times 10^{-3}$  m.K, podemos ver na figura 09 o resultado do uso da equação de Wien representados.

Figura 09: Gráfico da Lei de Wien, mostra a variação do comprimento de onda máximo com a temperatura, comparado com o comprimento de onda do espectro de radiação, destacando a faixa do visível.



Fonte: SILVA (2015)

Comparando a forma da curva de Planck o comprimento de onda em que a intensidade é máxima varia com a temperatura em cada linha mostrada no gráfico, para corpos negros, a Lei de Wien, mostra que, à medida que T aumenta,  $\nu_{max}$  aumenta, ou  $\lambda_{max}$  diminui.

### 1.6.2 A Lei de Stefan – Boltzmann

O corpo que absorve toda a radiação incidente é chamado de “corpo negro ideal” (LHEWELLYN; TIPLER, 2001, p. 83). Stefan descobriu uma relação entre a potência por unidade de área irradiada por um corpo negro e a Temperatura, que, foi comprovada através das Leis da Termodinâmica clássica por Boltzmann que diz que a potência emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência da temperatura e essa relação é conhecida como Lei de Stefan – Boltzmann dada por:  $R = \sigma T^4$ . Onde R é a potência irradiada por unidade de área, T a temperatura absoluta e  $\sigma = 5,6705 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  é a constante de Stefan – Boltzmann dada por:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}$$

A Lei de Stefan-Boltzmann pode ser escrita em relação ao fluxo de um corpo negro de temperatura T (MULLER et al., 2015), da seguinte maneira:

$$F = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta \sin\theta d\theta \int_0^{\infty} B_\nu(T) d\nu = \sigma T^4$$

Demonstrada da seguinte forma:

$$B(T) \equiv \int_0^{\infty} B_\nu d\nu = \frac{2h}{c^2} \int_0^{\infty} \frac{\nu^3 d\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1}$$

Considerando que:

$$\alpha \equiv \frac{h\nu}{KT}$$

Teremos a seguinte solução:

$$B(T) = \frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \int_0^{\infty} \frac{\alpha^3 d\alpha}{e^\alpha(1 - e^{-\alpha})}$$

$$\frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \left[6 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^4}\right]$$

$$\frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \frac{\pi}{15} = \frac{\sigma}{\pi} T^4$$

As estrelas como o Sol a radiação das camadas mais externas não estão em equilíbrio térmico, sendo assim, a temperatura não é a mesma para todas as estrelas. Para resolver este problema se leva em conta a luminosidade e a temperatura efetiva da estrela, onde, a luminosidade é a potência total irradiada pela estrela e a temperatura efetiva é a temperatura de um corpo negro que transfere a mesma quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que a estrela emite, desta forma, assim a temperatura efetiva se relaciona com a luminosidade da estrela pela Lei de Stefan – Boltzmann (MULLER et al., 2015) da seguinte maneira:

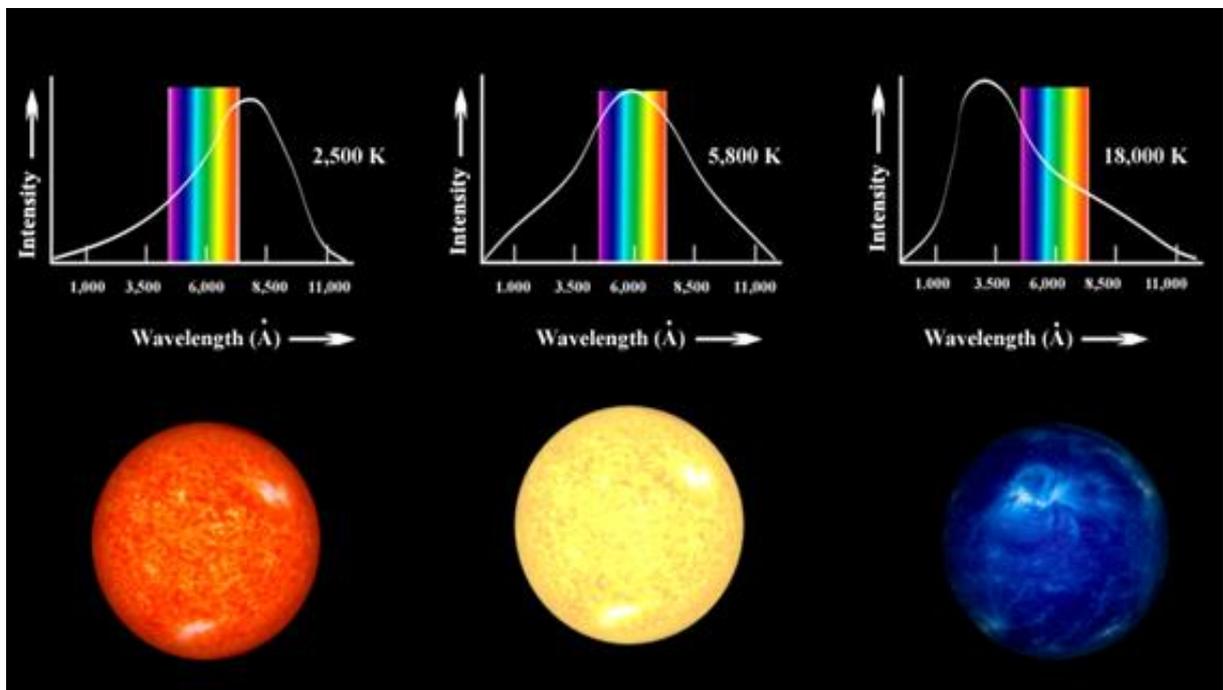
$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4.$$

A Lei de Stefan – Boltzmann mostra que a potência por unidade de área irradiada pela estrela é função apenas da temperatura, portanto, não depende de outras características como a cor ou do material de que a estrela é composta. Com o software livre da Universidade do Colorado, conhecido como Phet, podemos ter uma boa aproximação da Lei de Stefan – Boltzmann, mostrando que aumentando ou

diminuindo a Temperatura teremos diferentes picos no gráfico. Veja a imagem a seguir:

As diferentes observações que podemos perceber das estrelas através da teoria de Planck. Veja que na figura 10, temos a estrela sua luminosidade emitida e a curva produzida pela teoria de Planck, destacando a faixa do visível.

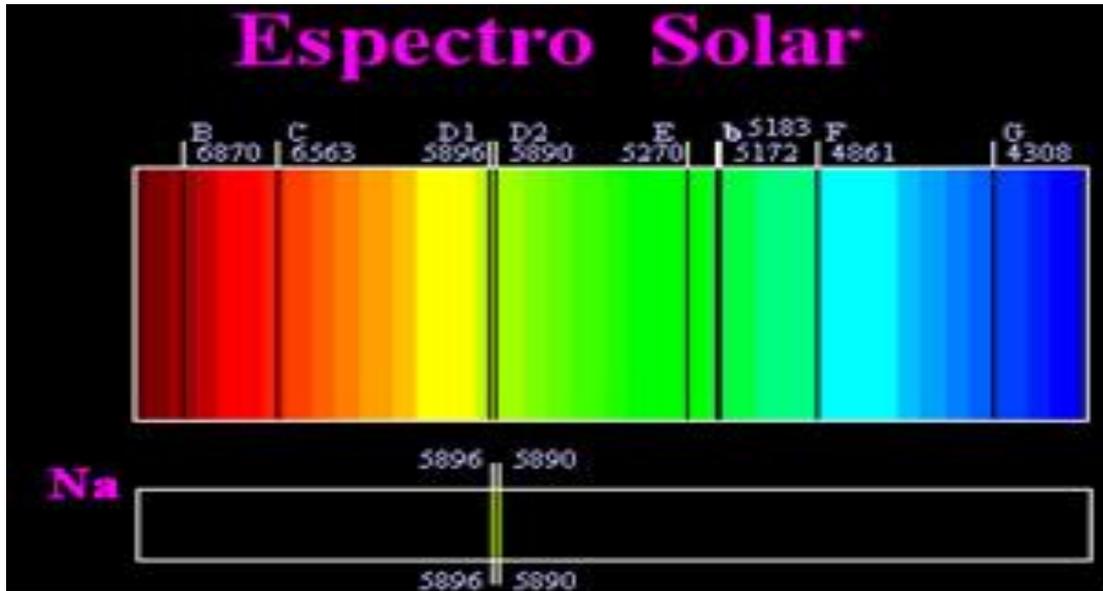
Figura 10: Estrelas de diferentes temperaturas emitem espectros de radiação diferentes. Maior comprimento de onda máximo (wavelength) menor será a temperatura e a energia da radiação. Na parte de baixo a cores visíveis das estrelas observadas.



Fonte: MUTLAQ (2017)

Quase todas as características e propriedades físicas das estrelas são obtidas direta ou indiretamente dos seus espectros, principalmente suas temperaturas, densidades e composições. Kirchhoff querendo confirmar que as linhas escuras do Sol descobertas por Fraunhofer era sódio passou a luz do Sol através de uma chama de sódio, esperando que as linhas de sódio preenchessem as linhas escuras do Sol. Para sua surpresa, as linhas de sódio ficavam mais fortes e mais escuras, concluindo, que o Sol era um gás ou um sólido quente, envolto por um gás mais frio. Comparando ainda o espectro do Sol descobriu linhas de Mg, Ca, Cr, Co, Zr, Ba e Ni. Desta forma dando credibilidade para a espectroscopia estelar. A figura 11 abaixo mostram o espectro estelar e o resultado obtido por Kirchhoff.

Figura 11: Espectro solar visível obtidos por Fraunhofer, comparado com o espectro visível gás Sódio (Na), isto levou Kirchhoff a concluir a presença desse gás no Sol.



Fonte: FOGAÇA (2017)

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nos dias de hoje aproximar o ensino escolar a vivência cotidiana do aluno é proporcionar caminhos para uma cidadania plena. Isto pode ser feito propondo desafios, estimulando os conhecimentos prévios, elaborando situações que potencializam os conhecimentos antigos em conhecimentos mais elaborados, tornando esses conceitos significativos na mente do educando. Para isso, foi embasado nos ensinamentos de Piaget e Vygotsky que foi elaborada uma sequência de ensino-aprendizagem, com cinco planos de aulas, envolvendo conceitos comuns no cotidiano, mas com importância fundamental nas ciências.

Buscando a aprendizagem significativa o professor deve proporcionar meios para que o aprendiz atribua significado ao conceito a ser aprendido, mas, para que isso ocorra o conhecimento prévio do educando deve ser conhecido para que o conceito possa ser assimilado de forma arbitrária e literal.

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO

A aplicação do produto educacional ocorreu na E.E.B. “Almirante Barroso”, escola pública estadual da cidade de Canoinhas, no Estado de Santa Catarina, com alunos de segundo ano do Ensino Médio Inovador.

A escolha da turma ocorreu depois de uma conversa com os alunos, explicando a maneira que ocorreria a sequência das aulas, os alunos ficaram muito interessados, pois, o assunto se aproximou da realidade deles, da autonomia e numa interação social, implicando, sobretudo, um intercâmbio de significados (MOREIRA; VYGOTSKY, 2011).

Importante relatar que a turma escolhida, é a única turma de segundo ano onde as aulas são ministradas pelo professor responsável pelo produto educacional, facilitando a realização de todo o processo metodológico científico.

A unidade escolar apresenta uma estrutura física boa, constando de algumas salas com ar-condicionado e outras com ventiladores, todas as salas com televisão de 42”, sala de professores, sala de computadores, acesso à internet, biblioteca, salas para o setor pedagógico, sala de direção, local amplo de merenda dos alunos, pátio de convivência com espaço bom, ginásio de esportes e laboratórios de: artes, leitura e das ciências da natureza. A grande maioria dos alunos tem acesso às

tecnologias como, celulares, smartfones e computadores, facilitando a pesquisa nestes meios e uso de simuladores. Os alunos que por ventura não tem acesso usam os equipamentos que a escola tem disponível.

## 2.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Quanto a sequência didática, ela parte de um ponto importante, que é a pergunta inicial de “como medir a temperatura do Sol?”, seguindo de uma discussão com os alunos de como fazer isso, quais dificuldades? do que precisa saber? qual material será necessário? e o tempo necessário para isso. Nesta discussão o professor anota no quadro tudo que o aluno falar e direciona a turma para não fugir do tema central. A partir deste ponto o professor elabora a sequência de ensino-aprendizagem (TLS) com princípios da DBR (design) necessária para alcançar a resposta.

### 2.2.1 Planejamento Global

Então, neste trabalho foi verificada a influência de uma estratégia de ensino que usa uma Sequência de Ensino – Aprendizagem (TLS), voltada para a inserção de conceitos fundamentais da Física Moderna, usando como tema central a Termodinâmica. Na elaboração da estratégia de ensino, levou – se em conta a fundamentação das teorias de aprendizagem propostas por Piaget e por Vygotsky em aspectos pedagógicos, epistemológicos e metodológicos.

A sequência parte de um questionamento motivador envolvendo a medição de temperatura, uma ação comum no cotidiano de todos. Assim, é proposto para a turma “Como medir a Temperatura do Sol?”. Logo é verificado as dificuldades inerentes a ação de proceder do mesmo modo cotidiano de medida que eles têm conhecimento, o que leva a necessidade de construir conhecimento que torne possível a realização da medida. Dessa forma, torna-se necessário um estudo sobre o que significa temperatura, como é possível avaliar e medi-la. O que leva a necessidade de conhecer como a matéria pode mudar de temperatura, o que ocorre quando sua temperatura muda. Finalmente, quais as características dos materiais que estão em uma determinada temperatura? A resposta a essa questão é em essência o que vai

permitir elaborar a resposta para questão inicial, trazendo para os alunos o conhecimento de um novo modo de medir temperatura.

Assim serão desenvolvidas as seguintes etapas: na primeira etapa, dividida em duas atividades, faz-se o questionamento aos alunos: *Como medir a temperatura do sol?* Em seguida um estudo do conceito e definição de temperatura por observação fenomenológica de experimentos e práticas, inclusive no que se refere às diferentes capacidades dos materiais em mudarem sua temperatura. Destaca-se o estudo dos termômetros, Sistema Internacional de Unidades de Medida para temperatura, escalas termométricas, e quais as necessidades essenciais sua definição. Na segunda atividade estuda-se capacidade térmica calor específico, calor sensível e calor latente.

A etapa seguinte será estudada as formas de como mudar essa temperatura, o que significa estudar as transferências de energia de uma fonte de calor para um objeto. Detalhando mais esta transferência será estudado na próxima etapa o processo de radiação de energia e sua relação com a sua cor, tanto na absorção quanto na emissão. Esta última é o foco da quarta etapa é a que fornecerá a resposta à pergunta inicial, com o estudo da emissão de radiação por corpos, com determinadas temperaturas, e sua relação com sua cor, ou espectro de emissão de ondas eletromagnéticas. Aqui surge a discussão sobre a onda eletromagnética, cor e espectro de emissão característica de transições eletrônicas nos átomos e a explicação da física quântica para o espectro de corpo negro. Neste momento, se discute como o sol pode ser definido como exemplo de um corpo negro. Nesta etapa será trabalhada Lei de Stefan-Boltzmann e é feito o cálculo da temperatura do Sol pelos alunos.

Finalmente, a etapa final servirá para discutir a interação da terra com o sol por meio da radiação eletromagnética, e usos dessa fonte de energia. É focado o painel solar, Corpo negro e Energia Elétrica, onde será associado tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica.

A discussão em relação a problematização servirá para levantar dados sobre o conhecimento prévio dos alunos e a proposição de encaminhamentos de estudos, e pesquisa, que possibilite construção do conhecimento necessário que permita uma resposta adequada ao nível escolar da turma. A discussão também possibilitará a adequação dos planos de aulas com os conhecimentos prévios.

A pesquisa faz uso de uma abordagem qualitativa, o que não deixa de lado a utilização de dados numéricos quando for necessário para uma melhor interpretação das informações coletadas. A captação de dados sobre a aprendizagem ocorreu de forma contínua durante todo o desenvolvimento da Sequência por meio da observação da interação de cada estudante no ambiente da pesquisa, da entrega das respostas das perguntas motivadoras, usados durante as atividades, das perguntas realizadas após cada aula, observação da participação ativa durante a experimentação e entrega de relatórios dos experimentos.

A seguir será feita uma exposição mais detalhada do estudo e da abordagem adotada, com características, instrumentos, procedimentos e análise da pesquisa e dos participantes da aplicação do produto, a maneira que a coleta de dados foi realizada e a descrição dos processos metodológicos da pesquisa.

### 2.2.2 Aulas

O estudo em questão tem como meta a inserção de conceitos fundamentais de FM em uma sequência de ensino – aprendizagem baseada em TLS, para isso, foi elaborado cinco planos de aulas aplicado em nove aulas. Como já foi citado a pergunta geradora do produto educacional foi, “como medir a Temperatura do Sol?” Esta TLS pode ser aplicada no início do segundo ano do ensino médio na sequência dos conteúdos da série, sem interferir no planejamento anual do professor.

No primeiro plano de aula, que foi planejado para compor duas horas aulas de quarenta e cinco minutos, foi estudado o tema Temperatura e Propriedades Térmicas. No segundo plano de aula foi planejado para uma hora aula contemplando o tema Transferência de Calor. No terceiro plano de aula com duas horas aulas foi trabalhado o tema Radiação Térmica e Cor de um Objeto. O quarto plano de aula com duas horas aulas abordamos a Lei de Stefan – Boltzmann e Temperatura do Sol e na quinta aula com duas horas aulas Painel Solar, Corpo Negro e Energia Elétrica.

Toda a TLS foi pensada de maneira a fazer o aluno expor seus conhecimentos prévios, sua capacidade de dar respostas às perguntas e vencer os desafios impostos na construção do conhecimento de forma individual e em grupo, seguindo as teorias piagetianas e vigotskiana de ensino – aprendizagem.

As simulações e animações da Colorado University – PHET podem contribuir significativamente para o aprendizado do aluno, pois facilita e motiva a aprendizagem. Desta forma foi utilizado o phet estados da matéria para relacionar o

movimento das diferentes moléculas com a temperatura e o phet espectro de corpo negro para relacionar a Lei de Wien, a Lei de Planck e de Boltzmann.

### 2.2.2.1 Temperatura e propriedades térmicas

Este plano de aula foi composto por duas aulas, com 16 alunos em sala, conceituando na primeira aula temperatura e na segunda aula o conceito de calor e suas propriedades térmicas. Neste plano de aula se faz a verificação do conceito de temperatura e as propriedades térmicas. A aula se inicia fazendo algumas perguntas aos educandos para estimular e conhecer os conhecimentos prévios sobre temperatura.

- O que você sente quando o “dia está quente”?
- Como você sabe que está com febre?
- O que é temperatura?

Foi distribuído na sala termômetros analógicos e digitais para que os alunos manipulem e explorem o funcionamento. Após breve discussão sobre o termômetro, usou-se simulação sobre estados da matéria produzido pelo projeto Phet da University of Colorado Boulder, figura 12 para mostrar como as moléculas se comportam com o aumento e diminuição de temperatura e também o comportamento das moléculas em diferentes substâncias a uma mesma temperatura.

Figura 12: Imagem da simulação sobre estados da matéria produzido pelo projeto Phet da University of Colorado Boulder, mostrando a movimentação das partículas de uma dada substância com a variação da temperatura.



Fonte: PHET COLORADO (2017)

Ao analisar o comportamento das moléculas de acordo com a temperatura e diferentes substâncias e diferentes escalas termométricas, foi analisado as escalas utilizadas na Cidade de Canoinhas, onde temos bastante plantadores de fumo e que utilizam o termômetro na escala Fahrenheit na secagem do fumo, contextualizando a relação entre as escalas termométricas. Ainda no comportamento das moléculas foi mostrado a movimentação relacionando com a energia cinética de acordo com o corpo ou substância. Ao final da aula foi produzido pelos alunos um relatório da aula.

Na segunda aula foi visto o conceito de calor, trocas de calor entre corpos, capacidade térmica, calor específico, calor sensível e calor latente, mostrando a diferença entre calor, temperatura e relacionando as perguntas iniciais. No início da aula foi perguntado aos alunos se já haviam ido à praia, sendo a resposta positiva foi falado sobre a praia, no que diz respeito a água, a areia, de dia e a noite para situar os alunos sobre o calor em cada situação, lembrando o aluno que durante o dia a água é mais fria que a areia e durante a noite o contrário, buscando os conhecimentos prévios e situando os alunos a diferentes sistemas termodinâmicos,

Após, foi realizado um experimento de baixo custo, demonstrativo sobre calor específico, esperando que o aluno associe o ocorrido no experimento com a substância dentro de cada balão. Como este experimento foi demonstrativo ele já estava montado na bancada do laboratório, quando os alunos chegaram.

No experimento temos um suporte para colocar três balões, um com água, um com areia e um com ar, abaixo dos balões uma vela acesa e ver o que ocorre. Os alunos foram organizados em equipes para observarem o experimento. A figura 13 mostra como ficou a montagem do experimento.

Figura 13: Experimento exemplificando calor específico dentro dos balões havia substâncias diferentes. As velas aquecem os balões, aquele cuja substância tem maior calor específico estourará mais tarde



Fonte: O autor

Em seguida foi distribuído material do segundo experimento feito com latas de alumínio, lamparinas e recipientes para colocar água, nas bancadas do laboratório para conceituar *capacidade térmica*, desta vez cada equipe faz o seu experimento, colocar 100ml de água da torneira em um recipiente de metal e 200ml no outro recipiente de metal, colocar o termômetro, anotar a temperatura inicial e acender as lamparinas durante 5 minutos e anotar o que ocorreu com a temperatura dos recipientes.

Desta forma o professor pode estimular o aluno a verificar o ocorrido em ambos os recipientes conceituando *capacidade térmica e calor sensível*. Agora usando os mesmos recipientes, anotar a temperatura inicial e colocar 6 pedras de mesmo tamanho e peso de gelo em ambos os recipientes durante 10 minutos, sempre o aluno registrando o que está ocorrendo no caderno. Depois de algum tempo o aluno perceberá que um dos recipientes a temperatura permanece em 0 Celsius enquanto na outra continua a diminuir a temperatura, neste momento o professor pede para que a equipe que percebeu tal fenômeno socialize com o restante da turma, abrindo uma discussão do que está ocorrendo, o professor sempre estimulando e mediando a discussão com a finalidade de conceituar *calor latente*, aproveitando para falar novamente de *capacidade térmica e calor sensível*, e ao final o aluno deve ser capaz de conceituar as três grandezas físicas trabalhadas experimentalmente.

Para finalizar a aula o professor formaliza os conceitos trabalhados, mostra a transição de uma pedra de gelo até o vapor d'água, representando a passagem no gráfico Q x T. O aluno termina de organizar o conhecimento no caderno e faz relatório da aula. A figura 14 mostra como ocorreu a montagem do experimento.

Figura 14: A imagem a esquerda mostra como foi feita a lamparina e os recipientes usados no experimento, a figura do meio mostra o experimento montado com termômetro analógico e a figura a direita mostra o experimento montado com um termômetro digital.



Fonte: O autor

### 2.2.2.2 Transferência de calor

Este plano de aula é composto por uma hora aula no laboratório, preparada para uma turma de 16 alunos em sala. Os alunos recebem uma folha com as perguntas e respondem sem ajuda do professor, mas, podem se ajudar nos grupos montados nas bancadas do laboratório. O professor circula pela sala a fim de perceber os conhecimentos prévios dos alunos. Após 5 minutos os alunos entregam a folha com as respostas feita por eles, recebem o material do primeiro experimento e orientações do professor sobre os procedimentos do experimento e começam a investigação sobre a condução de calor, melhor condutor e isolante, lembrando dos conceitos aprendidos na aula anterior, o calor específico das substâncias. Neste experimento mostrado na figura 15, usamos um suporte para encaixar 4 bastões de diferentes substâncias com tachinhas grudadas com velas e vela na ponta de cada bastão.

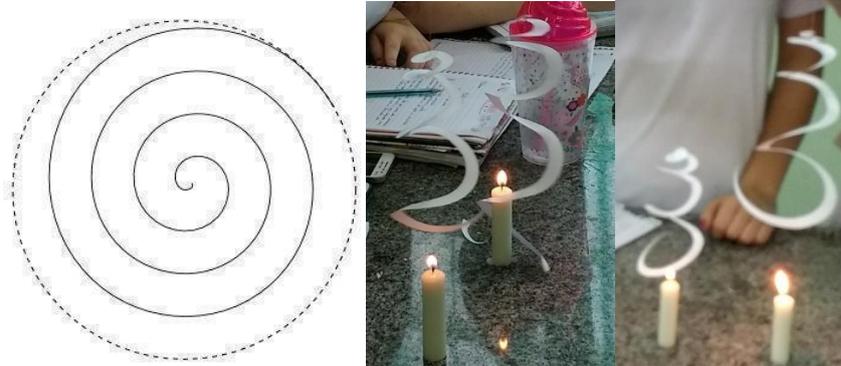
Figura 15: Montagem do experimento que conceitua Transferência de calor por condução. Haste de materiais diferentes transfere calor mais ou menos dificuldades. Cada material recebe pingos de vela igualmente espaçados que ao aquecerem derretem.



Fonte: O autor

No experimento seguinte, figura 16, os alunos recebem um espiral em folha A4 para recortar, linha de costura de roupas, agulha e uma vela para investigação da convecção de calor.

Figura 16: Montagem do experimento Transferência de calor por Convecção. O ar aquecido acima da vela faz a espiral de papel rotacionar



Fonte: O autor

No último experimento, figura 17, os alunos recebem uma vela para investigação da radiação térmica. Colocando a mão na posição conforme mostra a figura o aluno percebe que a transferência de calor não está ocorrendo por condução nem por convecção, logo, está chegando à mão de outra forma, irradiação.

Figura 17: A imagem mostra como se deve posicionar a mão próximo a vela no experimento Transferência de calor por Irradiação.



Fonte: O autor

Durante os três experimentos o professor ajudar os alunos responder as perguntas cientificamente dadas aos alunos no início da aula para testar os conhecimentos prévios, pois, os alunos respondem usando o senso comum, mas, caso o aluno faça a pergunta direta referente às perguntas iniciais ou alguma curiosidade, o professor deve sempre colocar elementos para que o aluno construa a resposta sozinho ou em grupo, caso ao final ainda não tenham alcançado a resposta da pergunta o professor deve mostrar a resposta ao aluno de forma clara e

com exemplos do cotidiano a fim de organizar o novo conhecimento na mente do educando. Para testar se foi eficaz a aula experimental os alunos respondem as perguntas (numa nova folha) do início da aula novamente e entrega de relatório dos conceitos físicos trabalhados nos experimentos, verificando se o educando se apropria do novo conhecimento.

### 2.2.2.3 Radiação térmica e cor de um objeto

Este experimento foi escolhido para mostrar radiação de acordo com a cor de um objeto e absorção do calor, para introduzir conceitos de FM, como corpo negro, Lei de Wien e Lei de Planck.

Este plano de aula foi composto por duas aulas. Com 16 alunos em sala. No início da aula os alunos respondem algumas perguntas:

- Como ocorre a radiação térmica?
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?
- Como percebemos as cores?
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?
- Ouviram falar em corpo negro?

O professor circula pelo laboratório e observando as respostas dos alunos para conhecer os conhecimentos prévios. A seguir o professor distribui duas folhas, uma contendo a frequência e comprimento relacionando as cores, e a outra outros tipos de ondas, suas aplicações e a cor relacionada a temperatura de um corpo.

O conceito de frequência e o comprimento de onda não foram aprofundados, mas, foi mostrado através das tabelas a relação entre eles, entre a radiação térmica e as cores. Após foi distribuído material do experimento, suporte, lâmpadas, latas coloridas, termômetros e medidor de volume, Becker. Para testar a radiação de cada lâmpada para saber qual teria melhor luminosidade foi utilizado o luxímetro, programa de celular, os alunos baixaram e começaram a medir o lux dos ambientes da escola. Chegando à lâmpada infravermelha de 2500K e 250W utilizada para aquecimento e secagem. Abaixo, na figura 18, temos duas imagens, a primeira é a medida dos Lux do Sol e a segunda da Lâmpada infravermelha.

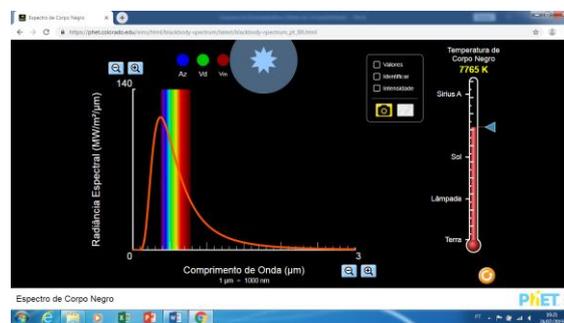
Figura 18: A imagem mostra a intensidade luminosa medida pelo luxímetro do Sol e da Lâmpada escolhida para o experimento. A lâmpada infravermelha fornece a mesma luminosidade que o sol sobre um objeto próximo a ela. Destacamos que o aquecimento ocorrerá em virtude de todo o espectro de radiação da lâmpada.



Fonte: O autor

Para demonstrar algumas características muito importantes sobre Corpo Negro e Radiação de Corpo Negro usamos o software PHET do COLORADO mostrado na figura 19. Foi projetado na TV com o computador.

Figura 19: A imagem mostra uma simulação produzida pelo projeto Phet da University of Colorado Boulder, mostrando o espectro de corpo negro para uma fonte em diferentes temperaturas, comparando com a faixa do visível. É possível variar a temperatura da fonte desde a temperatura da terra, passando pela temperatura de uma lâmpada e do Sol.



Fonte: PHET COLORADO (2017)

Mostrando e relacionando a temperatura do Sol, a intensidade luminosa com a frequência, a Lei de Wien, a Lei de Planck e de Boltzmann, dessa forma colocando elementos de FM no cognitivo do aluno para a próxima aula. Após esta demonstração os alunos receberam um roteiro do experimento com todos os procedimentos necessários para seu desenvolvimento. Na figura 20 temos a imagem do material utilizado e como ficou a montagem deste experimento.

Figura 20: Aparato e materiais para o experimento que mostra a absorção da Radiação térmica em função da cor de um objeto.



Fonte: O autor

Após colocar a água dentro da lata e fixar o termômetro, anotaram a temperatura inicial de cada lata, deixando o conjunto de 10 a 15 minutos embaixo da lâmpada sempre fazendo movimentos circulares com as latas sem tirar debaixo da lâmpada, quando o tempo terminar as equipes devem anotar a temperatura final de todas as latas e seguir as orientações do experimento. Ao terminar a experimentação os alunos seguem o roteiro do experimento respondendo às perguntas, calculando a quantidade de calor absorvido por cada lata, relacionando com as cores e produzem relatório, na sequência os alunos respondem novamente as perguntas iniciais e as entregam ao professor.

#### 2.2.2.4 A lei de Stefan – Boltzmann e temperatura do sol

Este plano de aula foi dividido em duas aulas para ser aplicado com uma turma de 16 alunos em sala. Inicia-se a aula com a pergunta objeto do produto desta dissertação: “Como medir a temperatura do Sol?” Em seguida motiva os alunos a lembrar os conceitos trabalhados nas atividades anteriores com a intenção levar a proporem uma possível maneira de medir a temperatura do Sol. Após buscar estes conceitos no cognitivo do aluno se espera que alguém fale sobre a lata pintada de preto e a relacione ao corpo negro. O professor inicia uma discussão sobre a Lei de Stefan – Boltzmann, relacionando-a com o final da aula anterior e mostrando a maneira de responder à pergunta.

Como os alunos já relacionaram a cor com a absorção do calor, na primeira aula usamos latas de tamanhos diferentes pintadas com tinta preta fosca para evitar ao máximo a reflexão do calor. Para facilitar se usa o mesmo suporte do experimento

anterior com as latas coloridas, agora usando latas pintadas de preto de tamanhos diferentes, como podemos ver na figura 21:

Figura 21 – Montagem do experimento de absorção de calor em um corpo negro para mostra a Lei de Stefan – Boltzmann. A fonte de calor é uma lâmpada de potência conhecida, que é fixada numa distância definida.



Fonte: O autor

Na montagem foi utilizado os procedimentos como se fosse captar o calor do Sol, analisando cada lata, para definir qual lata terá maior potencial para o experimento de captação do calor do Sol. Nesta primeira parte calculamos a quantidade de calor absorvido por cada lata num tempo de 10 minutos, dando ênfase na radiação de Corpo Negro e sua capacidade de absorção de calor. OBS: esta primeira parte não estava planejada, mas se mostrou necessária e muito eficaz para o cálculo da temperatura do Sol.

Na segunda aula, figura 22, os alunos já familiarizados com os procedimentos do experimento realizaram o cálculo da temperatura do Sol. Para isso, com a lata escolhida pelos grupos, usando a Lei de Stefan - Boltzmann  $P_{\text{total}} = A \cdot \sigma \cdot T^4$  para o cálculo da temperatura do Sol.

Figura 22: Montagem do experimento tendo como fonte de radiação o Sol sobre Lei de Stefan – Boltzmann e Temperatura do Sol. A sombra das latas fornecerá a área atingida pelo fluxo de radiação.



Fonte: O autor

Não pretendemos um cálculo exato do valor da temperatura, mas, um que se aproxima de nossa estrela. Ao final da aula os alunos entregaram relatório da atividade experimental.

#### 2.2.2.5 Painel solar, corpo negro e energia elétrica

Esta atividade tem materiais de fácil acesso e uma particularidade em especial que é o painel solar que neste caso transforma a energia térmica em energia elétrica e um estudo sobre tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e uso de alguns componentes eletrônicos, como resistor e led.

Este plano de aula foi composto por duas aulas. Com 18 alunos em sala. A fim de relacionar a maneira que corpo negro, no caso o nosso Sol, pode se relacionar na vida do estudante. Propomos um estudo com painel solar e uma breve aplicação com a eletricidade. No início da aula foi distribuído um pequeno questionário para discussão em grupo nas bancadas do laboratório para coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos educandos e após algum tempo foi recolhido as respostas. Então, foi abordado a transformação de energia de um corpo negro, neste caso o Sol em energia elétrica por meio de um pequeno painel solar. A ideia é acender lâmpadas (incandescente, led, mercúrio), usando um pequeno circuito elétrico que contém um led, um resistor, conectores e um multímetro. Foi feita uma explanação do funcionamento do multímetro e as ligações necessárias para medidas elétricas de resistor, corrente e tensão elétrica, as conexões da lâmpada, do painel solar e área do painel solar exposta. Os alunos recebem um roteiro do experimento e testaram os conhecimentos adquiridos na exposição da aula. Então o aluno, figura 23, manipulou o multímetro, as lâmpadas, o circuito elétrico e o painel solar, medindo tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica devido a área exposta no painel solar.

Figura 23: A imagem à direita mostra os materiais utilizados no experimento com o suporte, multímetro, painel solar e lâmpadas, a imagem do meio a lâmpada ligada com o painel solar abaixo e a imagem à direita destaca o painel solar e o multímetro.



Fonte: O autor

Responderam perguntas contidas no roteiro do experimento (em Anexo no Plano de aula), as perguntas motivadoras do início aula novamente e entregaram ao professor ao final da aula.

Abordando conceitos de tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e medidor elétrico (multímetro) ficando no cognitivo do aluno, sendo aprofundados no terceiro ano do EM.

### 2.2.3 Processo de Avaliação

O processo de avaliação desta pesquisa faz uso de uma abordagem qualitativa, o que não deixa de lado a utilização de dados numéricos quando for necessário para uma melhor interpretação das informações coletadas. Os PCNs corroboram com este modelo de avaliação, como diz:

avaliação contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais – Lei 9394/96, art. 24, inc. V, alínea a (BRASIL, 1998, p.57).

A avaliação ocorreu de forma contínua durante toda a TLS na observação da interação de cada estudante no ambiente da pesquisa, levando em conta a interação das habilidades cognitivas e socioemocionais somadas aos conceitos estudados, a entrega das respostas das perguntas motivadoras com intenção de perceber os conhecimentos prévios dos alunos, com perguntas abertas sem ajuda do professor,

na aplicação do questionário ao final da aula e entrega, permitindo verificar o aprendizado do aluno, observando se as respostas permanecem as mesmas ou houve mudanças, a participação ativa durante a experimentação, permitindo um acesso imediato aos dados da pesquisa e informações privilegiadas do grupo, possibilitando intervenção na fala dos observados, causando reflexão nos indivíduos e no grupo, ou mostrando um novo olhar ao que se está sendo observado e a entrega de relatório experimental, mostrando o quanto os alunos foram capazes de observar e anotar cada etapa da experimentação e transpor na forma escrita os conceitos físicos abordados na aula mostrando as conexões que inter-relacionam o senso comum e o científico.

A participação ativa do aluno durante a experimentação mostra que a maioria dos alunos preferem ser ativos em seu aprendizado, não meros ouvintes, dessa forma facilitando a relação entre a teoria e a prática, proporcionando uma melhor compreensão de mundo. Dessa maneira permitindo ao aluno uma abertura para o novo relacionando os conhecimentos adquiridos durante o experimento, a responsabilidade no manuseio dos materiais com cuidado e para seguir o roteiro da aula, a criatividade para resolução de problemas que poderiam surgir e a autonomia durante o processo.

Então, a maneira de avaliar os alunos neste trabalho não se dá através da descoberta das dificuldades ou o que não se sabe e sim na capacidade de se superar e até ir além, analisando as informações obtidas sobre as diferentes aprendizagens dos alunos observadas durante todo o processo da TLS. A percepção pelo professor dessa evolução do aluno se faz necessário, pois, quando se trabalha o ser integral, a avaliação qualitativa deve ser feita no individual, na equipe e nas conexões que o indivíduo faz no processo de aprendizagem efetiva.

### 2.3 SOBRE OS PLANOS DE AULA

A TLS foi pensada nos conteúdos e experimentos necessários para que o aluno respondesse à pergunta inicial “*Como medir a temperatura do sol?*” evoluindo conceitos da Termodinâmica até conceitos da Física Moderna. A pergunta foi elaborada pensando na contextualização do conteúdo de Termodinâmica, no desenvolvimento cognitivo dos conceitos envolvidos, na introdução da física moderna

e na forma não sequencial como os estudantes entram em contato, no dia a dia, com a os conceitos físicos.

O conceito fundamental focalizado nesta sequência de ensino-aprendizagem é a Temperatura, destacando-se as Propriedades Térmicas dos materiais, por observação fenomenológica de experimentos e práticas, inclusive no que se refere às diferentes capacidades dos materiais em mudarem sua temperatura por meio da emissão ou absorção de calor.

Os experimentos trabalhados são simples com o objetivo de destacar os fenômenos térmicos ocorrendo com os materiais. Evidenciando as formas a propagação do calor que evidenciam a capacidade de absorção e a perda de energia. Destacar que a observação dos fenômenos leva a construção de modelos, leis que torna possível construir teorias que as generalizam para explicar outros fenômenos e descobrir novos.

Assim, a física moderna chega com uma nova proposta, a quantização da radiação eletromagnética, para explicar o fenômeno térmico da emissão de radiação de um corpo negro em função da sua temperatura. Esse novo conhecimento é o que leva a capacidade de dar uma resposta a medida da temperatura do sol.

Com o desenvolvimento da Sequência o estudante compreenderá a Temperatura como uma propriedade do corpo, enquanto que o calor é a energia que chega ou sai dos materiais e depende de como isso ocorre, qual o processo em que ocorre isso. Como o Calor não é uma propriedade do corpo ele entenderá o fenômeno da sensação térmica e equilíbrio térmico. Se tornará claro a necessidade da existência de uma escala de medidas, e conhecerá o Sistema Internacional de Unidades de Medida para temperatura.

No estudo das Propriedades Térmicas se destaca a necessidade de entender as diferentes capacidades dos materiais de absorver ou emitir calor. Então, o estudante conseguirá compreender o que é capacidade térmica de calor específico e calor sensível, e de calor latente.

Na Sequência será estudada as formas de como é possível mudar temperatura dos materiais, o destaque é a Transferência de Calor. O objetivo é que os estudantes percebam que a transferência de calor ocorre de maneiras diferentes e que consigam entender a irradiação, a condução e da convecção, a ponto de perceber a diferença entre elas. Reconhecendo a irradiação como uma onda

eletromagnética como a luz, perceberão que a luz transporta energia e não precisa de um meio para existir ou se propagar.

Continuando com Radiação Térmica e Cor de um Objeto, onde o objetivo é que o aluno perceba que a absorção e a emissão de radiação térmica dependem da cor do objeto, evoluindo o estudo para Física Moderna, conceituando Corpo Negro.

Na continuidade dos assuntos abordados a sequência foi a Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol com o objetivo de calcular a temperatura do Sol. Para fortalecer o entendimento deste conceito de Física Moderna, a Lei de Stefan-Boltzmann e o conceito de corpo negro estudado na aula anterior, a explicação da Lei de Planck e Lei de Wien se mostram muito importante na construção do conhecimento pelos alunos.

Para finalizar a TLS a discussão se dá através da interação da Terra com o Sol por meio da radiação eletromagnética, e usos dessa fonte de energia. Os conteúdos abordados foram Painel Solar, Corpo negro e Energia Elétrica com objetivo que os alunos percebam as implicações tecnológicas, sociais e culturais que envolvem o conceito de energia térmica dentro da Termodinâmica e da Física Moderna.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho foi elaborado com os princípios de uma TLS, sendo desenvolvido e aplicado no EM com a finalidade de ajudar na aprendizagem significativa dos educandos e na inserção de conhecimentos fundamentais da física no que diz respeito a FM. A sequência didática montada segue o curso normal dos estudantes de segundo ano e deixa elementos no cognitivo dos alunos para o ano seguinte no caso o conteúdo envolvendo Eletricidade.

Na busca de novas práticas pedagógicas o professor buscou uma metodologia que não interferisse na sequência de ensino curricular do aluno, mas sim, inserir na sequência de conteúdos conceitos de Física Moderna. Ao propor para os alunos a participação nesta sequência de ensino-aprendizagem, com uma metodologia diferenciada foi percebido uma motivação por parte dos alunos. Porém, os alunos questionaram como seria a avaliação nesta atividade, sendo explicado que partiria da observação na interação de cada estudante no ambiente da pesquisa no individual e em grupo, a participação nas atividades propostas como questionário, experimentos, relatório, etc., de forma qualitativa e progressiva. Estas observações no ambiente da TLS permite um acesso imediato aos dados da pesquisa e informações privilegiadas do grupo, possibilitando intervenção na fala dos observados, causando reflexão nos indivíduos e no grupo, ou mostrando um novo olhar ao que se está sendo observado.

Os alunos se sentiram motivados a participação da TLS. Foi percebido uma participação ativa do aluno durante a TLS, mostrando que a maioria dos alunos preferem ser ativos em seu aprendizado, não meros ouvintes.

Durante a TLS foi utilizado em dois momentos o software phet do colorado. No primeiro momento se utilizou para visualizar o comportamento das moléculas em substâncias diferente para uma mesma temperatura, permitindo o aluno formalizar na mente o mundo microscópico e no segundo momento foi utilizado para relacionar intensidade luminosa com a frequência e temperatura, introduzindo neste momento conceitos de Física Moderna como corpo negro, a Lei de Wien, a Lei de Planck e de Stefan-Boltzmann, a imagem é importante para que o aluno internalizar estes conceitos, já que são novos aos seus olhos.

No uso da experimentação para conceituar conteúdos de física, mostra a maneira que a ciência evolui e o método científico, isso proporciona condições para

todos perceberem a importância da ciência em suas vidas e em implicações tecnológicas.

Durante toda a TLS os alunos se mostraram motivados, interessados e com mais afinidade as aulas de física, professor e alunos saíram da zona de conforto na busca do conhecimento, quando isso acontece todos caminham para a mesma direção, o professor com novos modelos de ensino-aprendizagem e os alunos com prazer em aprender física.

Os experimentos ocorreram de maneira tranquila, segura e com discussões na equipe, com o professor e com a turma, os alunos não tiveram dificuldades em manipular os aparatos tecnológicos como o PHET do COLORADO, o luxímetro, etc, bem como os materiais dos experimentos como o termômetro, o multímetro entre outros.

Vimos que a mudança na maneira de expor os conteúdos através da TLS contribui significativamente na formação e na aprendizagem do aluno, superando os obstáculos impostos pela sociedade na disciplina de física.

No uso da calculadora se percebe que o aluno tem dificuldade em manipular, muitos não sabem a diferença do ponto e da vírgula na calculadora e na escrita e uma diferença enorme entre como usar as diferentes calculadoras, então, para resolver este obstáculo usamos a calculadora científica do Windows, e a aula transcorreu normalmente.

O professor no início de cada aula independente do ambiente de estudo, deve informar e pedir o cuidado do aluno, com os colegas e materiais, assim, durante a experimentação os alunos aprenderam a importância na organização e como proceder em uma aula prática, quanto a anotação de todos os passos, informações antes e depois, marcação de tempo usando cronômetro e segurança na manipulação dos materiais para não se machucar e não estragar. Ainda durante a execução do experimento foi percebido certa dificuldade por parte de alguns alunos na interpretação dos resultados na hora de transpor para o caderno e para o relatório.

Mas as contribuições de uma aula experimental se justificam por unir a teoria com a prática e ainda estimula a investigação científica. Lembrando que a teoria e prática são importantes no aprendizado do aluno, não existindo separadamente.

No primeiro plano de aula foi abordado conteúdos fundamentais da Termodinâmica, como a Temperatura, Escalas Termométricas, Sistema internacional de unidades, Formalização entre as escalas termométricas Celsius, Fahrenheit e

Kelvin, Calor, Capacidade Térmica, Calor Específico, Calor Sensível e Calor Latente, sendo divididos em duas aulas.

A primeira aula se iniciou com algumas perguntas realizadas pelo professor para abrir a discussão sobre o assunto e conhecer os conhecimentos prévios dos alunos sobre Temperatura. Percebendo uma certa confusão entre temperatura, calor e o que termômetro mede. Na continuidade da aula foi distribuído dois tipos de termômetros, analógico e digital para que os alunos manipulem. Encontrando uma nova dificuldade a visualização e interpretação da escala do termômetro analógico e no digital os alunos perceberam que havia outra escala onde alguns alunos a identificarem a escala Fahrenheit, era só apertar um botão.

Com a simulação phet de mudança de estado físico foi possível mostrar o que é temperatura e a relação destas com as partículas de um corpo. Com o aluno vendo o que ocorre com as partículas constituintes de um corpo em substâncias diferentes no simulador, ele começa a perceber que a temperatura tem a ver com a energia de movimento destas partículas, mas é característica da mesma. Podemos ver que a figura 24 do lado esquerdo com partículas de Neônio a 100K se dispersam mais que as de Argônio figura 24 a direita a 100K.

Figura 24: A imagem à esquerda mostra a simulação da movimentação das partículas de neônio a temperatura de 100K e a imagem à direita mostra a simulação da movimentação das partículas de argônio a temperatura de 100K, mostrando que essa movimentação é característica da substância.



Fonte: PHET COLORADO (2017)

Mostrando esta simulação o aluno formaliza uma imagem em sua mente e não precisa imaginar o abstrato, desta forma melhorando o processo de ensino – aprendizagem.

A unidade de medida de temperatura no Sistema Internacional (SI) a escala Kelvin foi apresentada aos alunos acompanhada da escala Celsius e Fahrenheit,

mostrando a relação entre elas, na sequência foi usado a temperatura de 50°C para mostrar o valor equivalente na escala Kelvin e Fahrenheit. Como a aluna L1 demonstra abaixo:

$T_C = 50^\circ\text{C}$	$T_C = T_K - 273$	$T_C = T_F - 32$
	$50 = T_K - 273$	$5 \quad 9$
	$T_K = 323\text{K}$	$50 = T_F - 32$
		$5 \quad 9$
		$10 = T_F - 32$
		$80 = T_F - 32$
		$T_F = 112^\circ\text{F}$

Uma parte interessante que além da escala Celsius a escala Fahrenheit também faz parte da vida de alguns alunos. Há muitas famílias da região que possuem ou trabalham em lavoura de fumo. As estufas de fumo usam termômetros calibrados na escala Fahrenheit. Alguns alunos queriam saber quantos graus Celsius vale 90°F, pois é nesta temperatura que se dá o início da secagem do fumo. A aluna E fez:

$T_F = 90^\circ\text{F}$	
$T_C = T_F - 32$	$9 T_C = 290$
$5 \quad 9$	$T_C = 290$
$T_C = 90 - 32$	$9$
$5 \quad 9$	$T_C = 32,22^\circ\text{C}$
$T_C = 58$	
$5 \quad 9$	

Com o resultado os alunos falaram que haviam entrado na estufa de fumo nesta temperatura e era suportável, após o cálculo entenderam que 90°F equivale a 32,22°C percebendo o motivo de uma temperatura alta de 90° ser suportável para o corpo humano.

Ao término da aula os alunos produziram relatório da aula dos conteúdos de física abordados. Segue alguns trechos:

Aluna A escreve que:

Na aula foi explicado o que é temperatura que é a agitação das partículas que compõe um corpo e explicado que esse movimento dessas partículas é chamado de energia cinética, quanto maior a energia cinética maior será a temperatura.

Aluna L escreve que:

- temperatura: mede a energia cinética, agitação das partículas que compõe o corpo.

Quanto maior a temperatura, maior a agitação das moléculas.

- Os materiais utilizados na aula foram termômetros e o programa "phet", um simulador de mudança de estado físico, no qual foi possível ver a agitação conforme foi aumentada a temperatura.

Aluna A1 escreve que:

Na primeira aula foi construída temperatura "movimento de partículas que compõem um corpo" foram usados na aula termômetro e um simulador chamado PHET FÍSICA MUDANÇA DE ESTADO FÍSICO utilizado para demonstrar a diferente movimentação das partículas em temperaturas diferentes. Quanto menor a temperatura menor será a agitação, porém sempre terá agitação, a temperatura mede a energia cinética das partículas.

Aluna K escreve que:

Dando início a aula o professor nos fez uma pergunta: de o que é a temperatura?

A turma de acordo, disse que temperatura é o que enche calor, sendo excessu ou falta.

É a temperatura mede a energia cinética de translação e rotação das partículas.

É através de um simulador, o phet física, podemos perceber essa energia aumentando, consequentemente havendo aumento de temperatura.

Aluno G escreve que:

\* A temperatura é a agitação dos moléculas que compõem o corpo. Quanto maior o calor, maior a agitação dos moléculas. A energia cinética é a velocidade das partículas, quando aumentamos a pressão, aumenta a temperatura.

\* Sistema internacional de unidades → Celsius: °C  
Kelvin: K (SI)  
Fahrenheit: °F

\* A partir dessas unidades, temos as fórmulas que nos ajudam a converter alguma nota para uma dessas unidades.

\* O professor nos deu termômetros para observarmos.

\* Nos mostrou como os moléculas se comportam quando são aquecidas e tudo isso com o programa Phet física, que mostra a mudança de estados físicos.

\* Transformação exemplo

$T_C = 50^\circ\text{C}$	$T_C = T_K - 273$	$T_C = T_F - 32$	$50 = T_F - 32$
	$50 = T_K - 273$	5	9
	$T_K = 323\text{ K}$	50 = T_F - 32	T_F = 122°F
		5	9
		10 = T_F - 32	



© & ™ Lucasfilm, Ltd.

Podemos perceber que os alunos no início da aula sabiam somente o senso comum sobre temperatura, devido às respostas orais sobre as perguntas iniciais, mas, após a aula com os trechos dos relatórios acima, os alunos conseguem entender o conceito de temperatura e manipular as equações, também foi percebido que a maioria dos alunos nunca teve contato com termômetro de laboratório e ficou visível que os alunos estavam motivados para as aulas seguintes.

Na segunda aula na continuidade dos conteúdos fundamentais da Termodinâmica, se inicia falando sobre o calor, o conceito e exemplos do cotidiano do aluno, seguindo com o calor específico das substâncias, utilizando o exemplo de colocar uma mão na parte de metal da carteira e a outra na parte de madeira e relacionando com o calor específico e, após o conceito estabelecido sobre calor específico foi realizado um experimento demonstrativo com um suporte para um balão com água, um balão com areia e um balão com ar, abaixo de cada balão foi colocado uma vela que foram acesas no mesmo instante com ajuda dos alunos, onde o balão com areia estourou primeiro, o balão com ar por segundo e o balão com água por último. Para explicar o ocorrido foi colocado os valores dos calores específicos de cada substância no quadro e dito que quanto menor o calor específico mais

facilidade a substância tem em variar sua temperatura, ou seja, mais fácil a propagação do calor e quanto maior o calor específico mais dificuldade a substância tem em variar sua temperatura, ou seja, mais dificuldade de propagação do calor. Ao final da aula na produção do relatório os alunos escreveram que:

A aluna M1 escreve sobre o Calor e o Calor Específico que:

O calor é energia em trânsito devido a passagem de um corpo para o outro. Foram feitos experimentos para que possamos entender melhor o assunto. Experimento sobre calor sensível: foi feita uma demonstração com 3 balões, um com água, outro com ar e o terceiro com areia. O balão que tem menor calor específico estava primeiro, que no caso, foi o balão com areia, que ao aquecer com uma vela, estourou.

A aluna M escreve sobre o Calor que:

Nessa 2ª aula mudamos de temperatura para calor, que pode ser definido como energia em trânsito, que é a passagem de calor entre um corpo e outro, sempre do mais quente para o mais frio, independentemente do modo de transmissão, convecção, radiação ou condução.

E sobre o Calor específico a aluna M coloca que:

Usando como exemplo 3 balões com areia em um, água em outro e apenas ar no outro e três velas em baixo de cada uma, o professor nos mostrou um exemplo de calor específico. Onde o balão de areia estourou primeiro porque seu valor específico é menor, valendo  $0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ , em 2º o de ar, valendo  $0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$  e enfim a de água, valendo  $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ . Resumindo, calor específico é definido de acordo com cada substância..

A aluna A1 escreve sobre o Calor e o Calor Específico que:

O calor é a passagem de calor de um corpo para outro e a energia em trânsito devido a diferença de temperatura entre corpos. O calor específico é uma característica da substância, cada substância possui um calor específico. Em um experimento efetuado podemos notar o calor específico das substâncias, foram utilizados nesse experimento 3 balões, um com água, outro com areia e outro com ar, embora dos mesmos foi colocado uma vela, o balão que continha areia estourou primeiro, por conta de seu calor específico ser mais baixo que as outras substâncias. O segundo exper-

Com os trechos dos relatórios dos alunos colocados acima podemos perceber claramente que os alunos tiveram o entendimento dos conceitos físicos trabalhados nesta primeira parte da aula, o Calor e o Calor Específico. Em um dos relatórios, o

da aluna M fala de transferência diferente de calor, citando a convecção, radiação e condução um dado que difere dos demais já que o professor não falou em momento algum sobre isso.

Na sequência com os materiais do próximo experimento nas bancadas do laboratório os alunos manipulam os materiais com a orientação do professor a fim de conceituar e perceber a Capacidade Térmica das substâncias, o Calor Sensível e o Calor Latente, para isso foi utilizado 4 vasilhas, 4 lamparinas produzidas com latas de alumínio, fósforo, velas para as lamparinas, termômetros, béqueres e água. Os alunos descrevem o ocorrido nos trechos dos relatórios da aula abaixo:

A aluna M descreve os dados do experimento e os resultados obtidos e os conceitos físicos observados:

água sem gelo:      água com gelo:  
 100ml = 40°C 1ª lata.      100ml = 10°C 1ª lata.  
 200ml = 30°C 2ª lata.      200ml = 20°C 2ª lata.  
 Como pode-se notar pelos valores representados, as latículas que continham 100ml tem uma capacidade maior de aquecer e esfriar que as que contêm 200ml de água.

Experimento 2: água com gelo 50ml 1ª  
 $T_0 = 24^\circ\text{C}$      $T = 0^\circ\text{C}$ , aqui mais rápido  
 água com gelo 100ml 2ª  
 $T_0 = 24^\circ\text{C}$      $T = 2^\circ\text{C}$ , aqui mais devagar

Observações, lata 1: 50ml → podemos notar a capacidade térmica, sendo sua massa menor, ela esfriou mais rápido. O calor latente, a temperatura constante enquanto a mudança de fase e o calor sensível, que ocorreu quando a temperatura diminuiu e a fase constante.

Observações, lata 2: 100ml → Nessa lata ocorreu exatamente tudo que ocorreu na 1ª, porém, por ter uma massa maior, levou o processo demorou mais para acontecer.

A aluna A1 relata o ocorrido no experimento e o observado:

para ser mais baixo que as outras substâncias. O segundo experimento realizado foi sobre capacidade térmica. Os materiais utilizados foram dois bequers, sendo um com 200 ml de água e outro com 100 ml, 2 latas, 2 velas e 2 termômetros. A temperatura foi medida inicialmente e estava a  $24^{\circ}\text{C}$ . O bequer que continha mais massa demorou mais para esquentar com o calor da vela por sua capacidade térmica ser maior. O bequer com 200 ml elevou sua temperatura para  $29^{\circ}\text{C}$ , enquanto o bequer com 100 ml elevou para  $33^{\circ}\text{C}$  na mesma quantidade de tempo, logo em seguida foram colocados 3 pedras de gelo em cada bequer, o de 200 ml baixou sua temperatura para  $8^{\circ}\text{C}$  e o de 100 ml para  $6^{\circ}\text{C}$ . Em <sup>dois</sup> recipientes foram colocados 12 pedras de gelo em cada, em um dos recipientes foram colocados 100 ml de água, e no outro 50 ml. Podemos notar que as temperaturas diminuíram, sua temperatura inicial em ambos era de  $24^{\circ}\text{C}$  e depois o recipiente com 100 ml baixou sua temperatura para  $5^{\circ}\text{C}$  e o de 50 ml para  $0^{\circ}\text{C}$ . O recipiente com maior massa demorou mais para esfriar. O recipiente com 50 ml refere-se ao calor latente que é constante, o de 100 ml é referente ao calor sensível, pois a temperatura varia.

A aluna E descreve que no experimento ocorreu da seguinte maneira:

foi feito assim. A aula foi usada com duas lamparinas variadas que aqueceram dois recipientes com diferentes massas 200 ml 100 ml em temperatura inicial de  $24^{\circ}\text{C}$  e a diferença de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C}$ , o recipiente com 100 ml aqueceu mais rápido a  $40^{\circ}\text{C}$  e o de 200 ml a  $30^{\circ}$ , adicionando gelo o de 100 ml baixou para  $10^{\circ}\text{C}$  e o de 200 ml  $20^{\circ}\text{C}$ , mostrando a capacidade térmica. Outra experiência foi a mesma desta com recipientes de 100 ml e 50 ml em temperatura de  $24^{\circ}\text{C}$  (líquida) e adicionando 12 cubos de gelo o de 50 ml foi a  $0^{\circ}\text{C}$  e o de 100 ml a  $2^{\circ}\text{C}$ , nesta experiência também pode-se perceber o calor latente que é a mudança de fase e o calor sensível que é mudança de temperatura.

A aluna M1 relata da seguinte maneira os conceitos físicos trabalhados no experimento:

Capacidade térmica: foi adicionado diferentes quantidades de água em recipientes, na temperatura de  $24^{\circ}\text{C}$ , podemos observar a mudança na temperatura ao aquecer o recipiente com uma vela, o recipiente que tem menos água (massa) aqueceu primeiro, chegando a  $33^{\circ}\text{C}$ , enquanto o recipiente com maior massa chegou a  $29^{\circ}\text{C}$  no mesmo período de tempo. A capacidade térmica está relacionada as massas das substâncias.

Calor sensível e temperatura constante: o terceiro experimento foi feito com gelo, um recipiente com 100 ml de água e outro com 50 ml, e a mesma quantidade de gelo. Assim podemos observar o calor sensível, responsável por esfriar a água a  $0^{\circ}\text{C}$ , da mesma forma o calor latente que fez com que a temperatura permaneça em  $0^{\circ}\text{C}$  à medida em que o gelo derrete.

Podemos perceber que os alunos percebem os conceitos físicos abordados nos experimentos, mas, não são habituados a escrever sobre, por isso o professor percebe uma certa dificuldade na transposição da experimentação e dos resultados na forma escrita, ou seja, no relatório.

No segundo plano de aula na continuidade dos conteúdos fundamentais da Termodinâmica os conteúdos de física abordado são Transferência de Calor por Condução, por Convecção e por radiação, e com uma aula experimental mostrando como ocorre as transferências de calor. No início da aula os alunos em dupla responderam algumas questões sem ajuda do professor. As questões tiveram respostas do senso comum ou não foram respondidas como podemos ver: As alunas M2 e Y responderam às perguntas do início da aula como segue:

- Como vocês percebem o calor?

O mesmo corpo recebe com mais

- Existe algum equipamento que você utiliza com base no calor? Qual? Como funciona?

forma a lenha, colocamos o combustível (lenha), ela queima e libera o calor.

- A transferência de calor ocorre da mesma forma?

- Onde se deve colocar um ar condicionado se o objetivo for esfriar? E se for esquentar? Por quê?

Para deixar frio o ar condicionado deve ficar em cima pois o ar quente é mais denso que o ar frio.

- O que ocorre quando nos aproximamos de uma churrasqueira em funcionamento? Por quê?

sentimos calor pois a fogueira é fonte de calor.

- Como pode uma pessoa próxima a um incêndio ser queimada?

Por conta dos ondas de calor.

Após a aula as alunas M2 e Y respondem:

- Como vocês percebem o calor?

Com o desconforto de calor para o corpo de maneira por maior temperatura.

- Existe algum equipamento que você utiliza com base no calor? Qual? Como funciona?

forma a lenha,

colocamos o combustível (madeira), ela queima, queima e o fogo aquece.

- A transferência de calor ocorre da mesma forma?

Sim, o partir de um corpo mais quente que é utilizado como fonte de calor.

- Onde se deve colocar um ar condicionado se o objetivo for esfriar? E se for esquentar? Por quê? Em cima, pois o ar de cima é mais denso que o de baixo.

- O que ocorre quando nos aproximamos de uma churrasqueira em funcionamento? Por quê?

Resposta: Sentimos calor, porque acontece a radiação e convecção.

- Como pode uma pessoa próxima a um incêndio ser queimada?

Resposta: radiação, inalamos o vapor e queimamos o pelo anterior

Nesta segunda parte as alunas M2 e Y conseguem responder todas as questões usando os conceitos de Transferência de calor trabalhado na experiência, descrita a seguir.

O experimento foi dividido em três partes, mostrando primeiramente a Condução do Calor em seguida a Convecção do Calor e a Radiação do Calor.

A Condução do Calor foi mostrada em um experimento que havia 4 palitos de substâncias diferentes com cinco tachinhas grudadas com cera de vela, suporte para os palitos e vela. Com os materiais do experimento nas bancadas do laboratório os alunos seguem orientações do professor para realização.

A aluna R1 relata o seguinte sobre o experimento:

3 formas que ele se propaga:

- \* condução varia com o material, meio material, contato
- \* convecção é que é frio fica em baixo e troca o fluido de lugar, molécula
- \* radiação sem contato troca frio, pode existir no vácuo

Materiais da experiência sobre condução de calor

- \* velas
- \* ceras de vela
- \* tachinhas
- \* fogo
- \* ferro
- \* cobre
- \* alumínio
- \* madeira

O objetivo da experiência é conduzir o calor até as tachinhas e elas caírem, e primeiro a que foi de fio de cobre, um bom condutor de calor, com calor específico baixo de tem muita facilidade em ganhar e perder calor; depois foi o alumínio e aí o ferro, o de madeira não chegou a cair pois é um péssimo condutor.

Sua colega A3 complementa com o resultado do experimento:

O do calor ocorreu entre pois ele conduz melhor o calor, em seguida veio o alumínio, ferro e madeira.  
 Materiais: fogo, vela, madeira, tábua, cobre, ferro, alumínio.  
 O calor específico do cobre é baixo, ele esfria e esquenta rapidamente.

A aluna Y relata o seguinte resultado:

- Condução: depende do material e varia calor específico.
- Convecção: fluido, troca de posição (moleculas)
- Radiação: sol, corpo mais quente para o mais frio.

experimento: condução de calor  
 materiais: velas, tábuas, esperte

O primeiro material no qual foi o calor pois ele conduz melhor o calor, em seguida veio o alumínio que também é condutor de calor, ferro e madeira.

O calor específico do cobre é baixo ele esquenta e esfria mais rápido.

A aluna M2 diz que:

experimento condução de calor  
 o primeiro material a ser foi o do cobre, pois ele conduz melhor o calor, logo em seguida veio o alumínio que também é condutor de calor, o calor específico do cobre é baixo, ele esfria e esquenta rapidamente.  
 materiais: madeira, ferro, cobre, alumínio, tábua.

A aluna M complementa que:

ferro e a madeira sendo um isolante térmico não esquenta.

Um ponto forte dos resultados deste experimento é a associação que os alunos fizeram da Condução de Calor com o calor específico, dizer que um conduz melhor o calor do que o outro e especificamente que a madeira é um isolante térmico. Ficando evidente que os alunos estão evoluindo paulatinamente os conceitos abordados.

Na segunda parte da experimentação o conceito físico a ser estudado é a convecção, para isso se usou espiral linha de costura e vela, os alunos relatam que:

A aluna M descreve da seguinte maneira:

Experimento 2: Para este é usado duas folhas em espirais, linha e vela. Com as espirais em cima da vela acesa, pode-se notar ela girar, devido a troca de ar frio (que desce) e o ar quente (que sobe), isso chama-se convecção.

A aluna A relata:

Experiência II: Foram utilizadas duas espirais de papel e duas velas. Quando colocadas as espirais sobre as velas acesas elas começam girar devido a troca de posição de ar quente de ar frio. Nessa experiência foi possível observar a convecção.

A aluna L simplifica:

Experiência sobre convecção utilizando espirais e velas.  
 Ocorre devido a troca de ar frio e quente que bate na espiral fazendo ela girar.

Os alunos percebem que a convecção é a troca de calor devido a chama da vela, eles veem isso através do espiral e da vela durante o experimento.

Na terceira parte da experimentação os alunos fazem um estudo da irradiação com a chama de uma vela. Vejamos alguns relatos dos alunos:

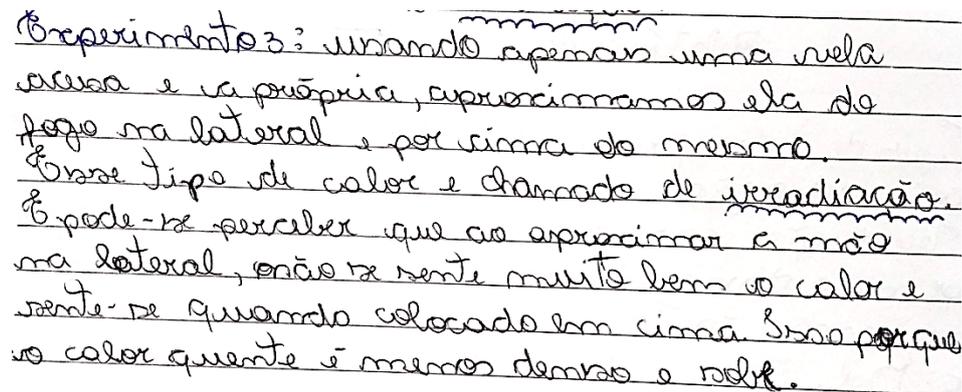
As alunas, B, A2, M1 e o aluno R escrevem sobre a radiação:

Colocando a mão do lado da vela ~~nao~~ ocorre muita condução do calor, pois o ar quente sobe; já colocando a mão em cima foi por meio da convecção também.

A aluna M2 faz uma associação do experimento com a convecção:

Quando colocamos nossa mão perto da vela pela parte de cima sentimos mais calor, diferente de quando colocamos pela lateral. Pois a chama é densa e fica em cima, radiação e convecção.

A aluna M escreve que:



Experimento 3: unindo ~~apenas~~ <sup>um</sup> uma vela  
 e a própria, aproximamos ela de  
 fogo na lateral e por cima do mesmo.  
 Esse tipo de calor é chamado de irradiação.  
 É possível perceber que ao aproximar a mão  
 na lateral, não se sente muito bem o calor e  
 sente-se quando colocado em cima. Isso porque  
 o calor quente é menos demora e radiar.

Neste experimento os alunos percebem a radiação da vela colocando a mão na lateral da vela, mas conseguem perceber que ao colocar a mão na parte de cima da vela o calor percebido por eles fica mais intenso e associam isso a radiação e a convecção, isso mostra que o aluno conseguiu ver a segunda parte do experimento sobre convecção do calor nesta terceira parte da experimentação, mostrando que o experimento é eficaz no aprendizado do aluno.

Finalizando o plano de aula com o assunto transferências de calor. Podemos observar que mesmo após a explicação do professor sobre o funcionamento do experimento o aluno durante a investigação, no uso de sua autonomia ainda precisa que o professor faça a mediação de certos pontos na discussão do grupo sobre os resultados do experimento. Também ficou evidente que uma aula não foi o suficiente para a experimentação e registro do que foi aprendido, ficando muito corrido para o aluno os 45 minutos da aula, sendo ideal 2 horas aulas.

No terceiro plano de aula sobre Radiação Térmica e Cor de um Objeto, composto por duas aulas, teórica e experimental, com conceitos físicos importantes trabalhados no desenvolvimento das aulas, como a quantidade de calor absorvido devido a cor de um objeto, como a frequência, o comprimento de onda e corpo negro, introduzido junto com os conceitos fundamentais da Termodinâmica os conceitos fundamentais de FM. No início da aula sem ajuda do professor, em dupla os alunos respondem algumas perguntas, como podemos ver o resultado:

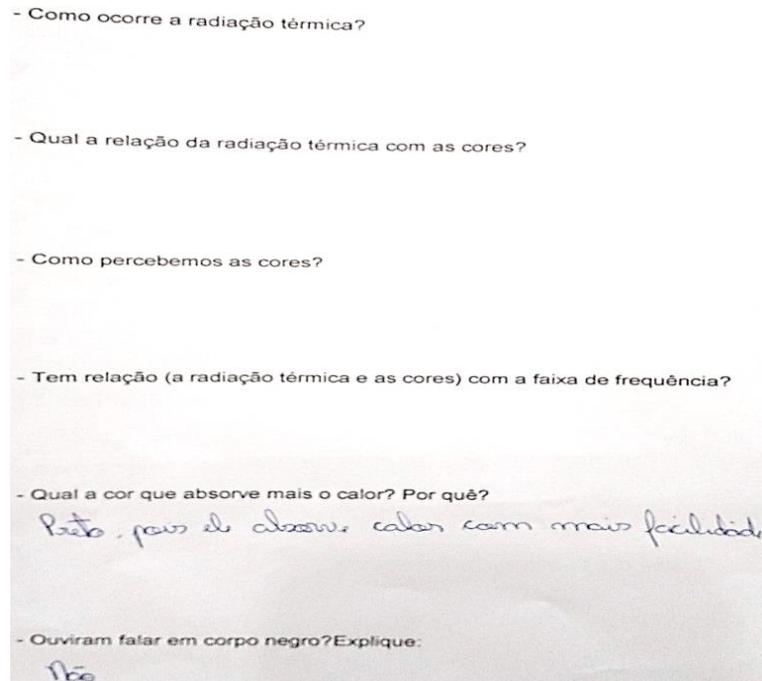
### A alunas A1 e L2 respondem:

- Como ocorre a radiação térmica?  
 pelo propagação de ondas, 
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?  
 a cor branca mais quente vai armazenar mais calor
- Como percebemos as cores?  
 através da luz como por exemplo o arco-íris
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?  
 sim. Quanto mais quente a cor mais vai ser o calor e o contrário.
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?  
 Preto → por ser uma cor mais escura ela vai reter mais calor.
- Ouviram falar em corpo negro? Explique:  
 Não.

### As alunas L e G1 escrevem:

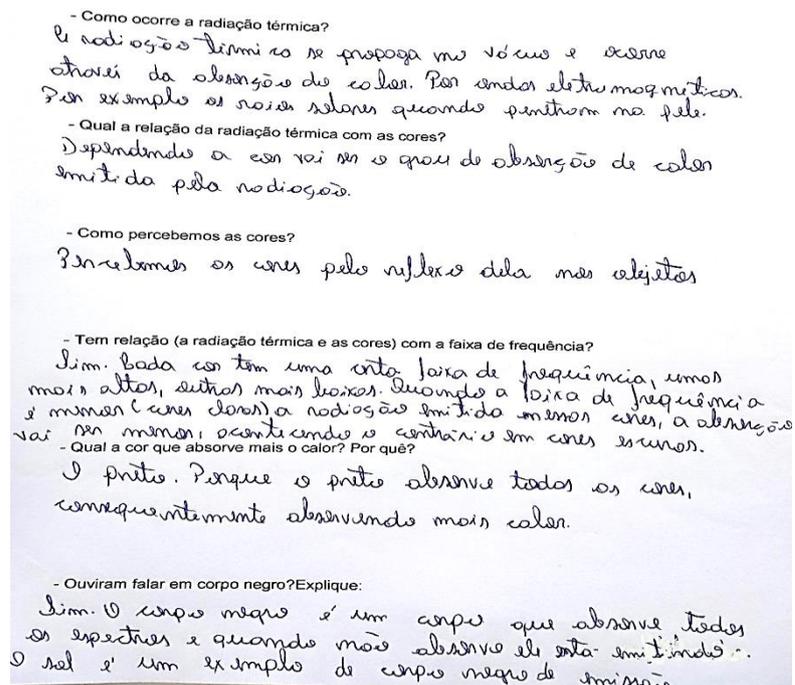
- Como ocorre a radiação térmica?  
 por meio das ondas eletromagnéticas.  
 Ex: sol
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?  
 o calor obtido pela radiação faz com que a luz branca se divida em cores
- Como percebemos as cores?  
 através da reflexão de luz
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?  
 acho que tem
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?  
 preto, porque ele não reflete, apenas absorve
- Ouviram falar em corpo negro? Explique:  
 é um corpo que não tem luz

As alunas M2 e A3 tem bastante dificuldade em respondê-las:



Após a aula os alunos respondem novamente as perguntas do início da aula para observar se houve mudança de resposta, para isso foi pego as respostas dos alunos já citados acima.

A alunas A1 e L2 respondem:



As alunas L e G1 escrevem:

- Como ocorre a radiação térmica?  
por meio de ondas eletromagnéticas
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?  
cada cor absorve radiação térmica ~~de~~ em quantidades diferentes
- Como percebemos as cores?  
pelo reflexo do mesmo, por exemplo o vermelho, ele absorve todas as cores menos o vermelho, o vermelho ele emite
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?  
sim porque uma certa frequência, conseguimos notar determinados cores
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?  
A preta, pois ela absorve e não reflete
- Ouviram falar em corpo negro? Explique:  
O corpo negro absorve todas as radiações mas também emite.  
Ex: O sol que emite, e o buraco negro que absorve

As alunas M2 e A3 tem bastante dificuldade em respondê-las:

- Como ocorre a radiação térmica?  
Emissão de um corpo que emite radiação
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?  
absorvem a radiação térmica, uma mais que a outra
- Como percebemos as cores?  
Percebemos pelo reflexo do objeto.
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?  
Sim
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?  
O preto porque ele absorve todas as cores.
- Ouviram falar em corpo negro? Explique:  
Sim, o corpo negro absorve e emite todas as cores.

No início da aula no conjunto de respostas podemos perceber que alguns alunos tentam responder as perguntas e já começam a pensar com caráter científico, tentando responder fisicamente, deixando de lado o senso comum, já outros alunos nem tentam ou não tem noção de como responder as perguntas e a pergunta sobre corpo negro não ouviram falar. Mas após a aula as respostas mudam e os alunos as respondam com coerência, mostrando no que escrevem o conhecimento físico como respostas das perguntas e todos respondem a todas as perguntas, e conseguem responder à pergunta sobre corpo negro, mostrando que houve aprendizado significativo após a inferência da aula teórico-experimental.

Na aula experimental os alunos aprendem sobre Radiação Térmica, luxímetro Introdução a Frequência e Comprimento de Onda, Cor de um Objeto, Absorção de calor e sua relação com as cores, Irradiação Térmica e as cores Corpo negro, cada equipe pega uma lata de alumínio de cor diferente e segue roteiro, colocando o conjunto abaixo de uma lâmpada infravermelha de 2500K e 250W utilizada para aquecimento e secagem, lâmpada escolhida após teste com o luxímetro, software para celular que mede os lux, feito isso com algumas lâmpadas disponíveis. Os alunos desenvolvem o experimento, colocando água nas latas com copo medidor de volume, ajuste de termômetro em local específico na lata, marcando tempo de exposição da lata a luz da lâmpada com movimentos circulares de tempo em tempo e as temperaturas de cada lata em relação a cor. Após 20 minutos os alunos respondem a três perguntas contidas no roteiro do experimento e calculam a quantidade de calor absorvido por cada lata e a cor, como podemos ver abaixo:

A aluna E responde às questões do roteiro:

- Por que corpos de cores diferentes absorvem energia térmica em quantidades diferentes?  
Devido aos comprimentos das ondas a frequência que tem diferença em escala, elas absorvem mais calor.
- Quais poderiam ser as aplicações tecnológicas desse fenômeno (aquecedores solares, tubulações, roupas, etc.)? O aquecedor solar por captar luz solar térmicamente energia e calor diversos, mas os corpos perdem-se o calor refletido nos cor. preto e nos corpos um calor enorme comparado as demais cores. Inclusive as tubulações perdem-se as cores devido a retenção de calor.
- Por que é melhor usarmos roupas claras em dias de sol forte e calor?  
Porque a luz clara reflete com mais facilidade o calor e não absorve facilmente.

E calcula a quantidade de calor absorvido por cada lata devido a cor:

<p>Branca  <math>T_0 = 24^\circ\text{C}</math>  <math>\Delta T = 3^\circ</math>  <math>T = 27^\circ \cong 3</math></p>	<p>Preto  <math>T_0 = 24^\circ\text{C}</math>  <math>T = 25^\circ\text{C}</math>  <math>T = 26^\circ\text{C}</math>  <math>T = 30^\circ</math></p>	<p>Rosa  <math>T_0 = 22^\circ</math>  <math>T = 26^\circ</math>  <math>\cong 4</math></p>	<p>Verde  <math>T_0 = 20^\circ</math>  <math>T = 24^\circ</math>  <math>\cong 4</math></p>	<p>Amarela  <math>T_0 = 23^\circ</math>  <math>T = 26^\circ</math>  <math>\cong 3</math></p>
<p>Vermelha  <math>T_0 = 23^\circ</math>  <math>T = 28^\circ \cong 6^\circ</math></p>	<p>Branca: A luz branca por refletir luz, propaga calor e da luminosidade.</p>			
<p>Branca: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 3^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}</math>  <math>Q_s = m \cdot C \cdot \Delta T</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 3</math>  <math>Q_s = 450 \text{ cal}</math></p>	<p>Preto: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 6^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 6</math>  <math>Q_s = 1500 \text{ cal}</math></p>	<p>Rosa: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 4^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 4</math>  <math>Q_s = 1000 \text{ cal}</math></p>	<p>Verde: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 4^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 4</math>  <math>Q_s = 1000 \text{ cal}</math></p>	<p>Amarela: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 3^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 3</math>  <math>Q_s = 450 \text{ cal}</math></p>
<p>Vermelha: <math>m = 250\text{g}</math>  <math>\Delta T = 5^\circ\text{C}</math>  <math>C = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}</math>  <math>Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 5</math>  <math>Q_s = 1250 \text{ cal}</math></p>	<p>Corpo negro é aquele corpo que absorve a maior radiação, como no experimento da latinha quando a lata preta pode se comparar com o corpo negro.          Pois o corpo negro é aquele que retém a maior parte da luz.</p>			

A aluna L2 relata:

Radição é ondas eletromagnéticas, com o preto absorve todas as cores e o branco reflete todas as cores. Podemos observar as cores pelo reflexo da luz nos objetos.

Foi realizado um experimento em grupo, onde usamos materiais como latinhas de diferentes cores, termômetros e 250 ml de água. Colocamos depois em baixo de uma lâmpada, medindo a temperatura inicial. A latinha de cor amarela tinha temperatura inicial de  $23^\circ\text{C}$ , rosa  $22^\circ\text{C}$ , Vermelha  $24^\circ\text{C}$ , branca  $23^\circ\text{C}$ , preta  $24^\circ\text{C}$  e verde  $20^\circ\text{C}$ . Depois de 20 minutos exposta a luz percebemos que as latas alteraram a temperatura a amarela terminou com  $26^\circ\text{C}$ , rosa  $26^\circ\text{C}$ , verde  $24^\circ\text{C}$ , preta  $30^\circ\text{C}$ , branca  $27^\circ\text{C}$ , Vermelha  $28^\circ\text{C}$ .

A latinha que menos variou a temperatura foi a branca ( $23^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}$ ) e a que mais variou foi a preta ( $24^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ ). Assim observamos que a cor preta absorve mais calor, mais facilmente, pois o preto absorve todas as cores, ao contrário do branco que não aquece facilmente pois reflete todas as cores. Os outros corpos, de cores diferentes tiveram sua temperatura alterada de acordo com a frequência de cada cor.

Como o experimento foi um apenas e os alunos de cada equipe ficaram responsáveis por uma lata as respostas dos cálculos de quantidade de calor absorvido por cada lata são iguais, lembrando que para esta tarefa os alunos usaram o calor específico da água, a massa de água colocada dentro da lata e a variação de temperatura, conceitos trabalhados nos experimentos anteriores. Também relacionam a radiação com onda eletromagnética. Os alunos perceberam que a diferença de temperatura e calor absorvido por cada lata estava relacionado com a cor, conseqüentemente, a frequência e comprimento de onda, aprenderam um conceito novo, o que é corpo negro e ao final da aula conseguiram responder à pergunta relacionada a isso. Então, ao final desta aula se percebe que o aluno elevou o grau de conhecimentos prévios, ampliando-os e melhorando-os, mostrando que a transposição didática foi eficaz.

Para o quarto plano de aula, com duas aulas o assunto escolhido foi Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol, pois, toda TLS e a DBR foi pensada de maneira que os assuntos anteriores estudados de física ajudassem no cálculo da temperatura do Sol, pergunta geradora desta pesquisa. Para fortalecer a Lei de Stefan-Boltzmann e o conceito de corpo negro estudado na aula anterior, a explicação da Lei de Planck e Lei de Wien se mostram muito importante para fixar o conceito de corpo negro, relacionando a Termodinâmica. Usando o programa PHET do Colorado com título Radiação de Corpo Negro, podemos mostrar ao aluno a Lei de Planck, Lei de Wien e de Stefan-Boltzmann, a relação com a temperatura, comprimento de onda e intensidade luminosa. Por problemas técnicos não foi possível realizar esta parte como o planejado, então, foi feito da maneira tradicional, com o professor explicando e desenhando no quadro, para que o aluno pudesse construir em sua mente o que Planck e Wien descobriram sobre corpo negro. Passando esta etapa foi conceituado a Lei de Stefan-Boltzmann e mostrado a fórmula deduzida por eles explicando como deveriam usá-la. Esta primeira etapa da aula levou 25 minutos. Seguimos para a segunda parte da aula, agora experimental, usando roteiro do experimento, os alunos usaram a montagem da aula anterior para calcular agora a quantidade de calor absorvido por latas de alumínio de tamanhos diferentes pintadas da cor preta fosca para ver qual lata é mais viável para o experimento final do cálculo da temperatura do Sol. Vamos ver os resultados.

A aluna E relata que:

→ Um corpo negro é aquele que emite todos os espectros e absorve toda a radiação. Tal Teoria que usará vista no seguinte procedimento:

\*Uma lata preta fosca, com 250 ml de água em temperatura inicial de 22°C (grupo I), cuanda foi colocada aos demais temperaturas de outros grupos:

Grupo: I: $T_0 = 22,5^\circ\text{C}$	$T = 22^\circ\text{C}$
II: $T_0 = 22^\circ\text{C}$	$T = 23^\circ\text{C}$
III: $T_0 = 23,6^\circ\text{C}$	$T = 29,9^\circ\text{C}$
IV: $T_0 = 22^\circ\text{C}$	$T = 30^\circ\text{C}$
V: $T_0 = 21,5^\circ\text{C}$	$T = 26^\circ\text{C}$
VII: $T_0 = 23^\circ$	$T = 29,5^\circ\text{C}$

A Lei de Stefan-Boltzmann usa a radiação como corpo negro com a potência e temperatura, tal lei que se aplica para as temperaturas de 500 K. A constante, como  $\sigma_{SB} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  sendo toda a abrangência do trabalho em física moderna.

Após, fazerem o cálculo da quantidade de calor:

© 2018 COMUNICAÇÕES S.A.

I: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	II: $Q = 250 \cdot 1,6$	III: $Q = 250 \cdot 1,6 \cdot 3$
$Q = 250 \cdot 1,6 \cdot 3$	II: $Q = 1500 \text{ cal}$	$Q = 1575 \text{ cal}$
$Q = 1625 \text{ cal}$		

V: $Q = 250 \cdot 1,8$	V: $Q = 250 \cdot 1,8 \cdot 5$	VII: $Q = 250 \cdot 1,6 \cdot 3$
$Q = 2000 \text{ cal}$	$Q = 2125 \text{ cal}$	VII: $1625 \text{ cal}$

No conclusão do experimento verificamos que os litros de tamanho pequeno absorveram mais calor devido a área da lata, sendo 4 e 6.

A aluna L2 escreve que:

Foi utilizado as seguintes materiais para realizar a experiência: 6 latas pretas, fôrca, bequer com 250 ml de água, termômetro, lâmpada. Após foi medido as temperaturas iniciais de cada lata:

lata 1 - 22,5°C

lata 2 - 22°C

lata 3 - 23,6°C

lata 4 - 22°C

lata 5 - 21,5°C

lata 6 - 23°C

Depois de 20 minutos expostas a luz obtiveram as seguintes temperaturas:

lata 1 - 29°C

lata 2 - 28°C

lata 3 - 29,9°C

lata 4 - 30°C

lata 5 - 30°C

lata 6 - 29,5°C

lata 1:  $Q_s = m \cdot c \cdot \Delta T$

$Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 6,5$

$Q_s = 1625 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

lata 2:  $Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 6$

$Q_s = 1500 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

lata 3:  $Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 6,3$

$Q_s = 1575 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

lata 4:  $Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 8$

$Q_s = 2000 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

lata 5:  $Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 8,5$

$Q_s = 2125 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

$Q_s = 2125 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

lata 6:  $Q_s = 250 \cdot 1 \cdot 6,5$

$Q_s = 1625 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Feito as cálculos podemos perceber que as latas de menor obtiveram maior temperatura do que as de maior tomamho. A lata 5 foi a que mais variou a temperatura, obtendo a maior quantidade de calor, de 21,5°C foi para 30°C.

A aluna M descreve:

Um corpo negro é aquele que absorve todos os espectros e também emite toda a radiação. Tal fato pode ser demonstrado no seguinte experimento:

- Usando seis latas pretas e branca, termômetro e calor vindo de uma lâmpada.
- Pegamos primeiramente as temperaturas iniciais das latas:

lata 1 - 22,5°C    lata 2 - 22°C    lata 3 - 23,6°C    lata 4 - 22°C  
lata 5 - 23,5°C    lata 6 - 23,5

• Seguindo o roteiro de 20 min, vamos pegar a temperatura final e fazer os cálculos para saber quanto energia/calor as latas, com 250 ml de água cada, absorveram.  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

lata 1 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 6,5$     lata 2 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 6$   
 $Q = 1625$      $Q = 1500$

lata 3 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 6,3$     lata 4 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 8$   
 $Q = 1575$      $Q = 2000$

lata 5 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 6$     lata 6 -  $Q = 250 \cdot 1 \cdot 6$   
 $Q = 1500$      $Q = 1500$

calcular a temperatura do Sol através da fórmula:  $Pot_{\text{sol}} = A \cdot G \cdot T^{-4} \rightarrow$  temperatura  
onde  $G = 1,367 \cdot 10^8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$   
↳ potência

Se concluir esse experimento pode-se notar que o tamanho influencia a quantidade de calor absorvida pelas latas, sendo elas a lata 4 e 5.

Os resultados mostram que as latas de menor tamanho absorveram uma quantidade maior de calor do que as latas maiores. Os experimentos tiveram os cálculos com mesmo resultado porque o experimento é um só para todos os alunos, apenas cada grupo cuide de uma lata. Neste dia não foi possível fazer o experimento com o Sol, pois, o tempo estava nublado, sendo possível em data posterior com um grupo de alunos apenas, devido ao final do ano que se aproximava e os alunos não compareciam as aulas, acredito que porque já estavam aprovados. Então os alunos R, E e A ajudaram na experimentação, com um aluno sendo o relator dos cálculos e os demais manipuladores do experimento em si. Seguindo roteiro do experimento, vejamos os resultados alcançados:

Ordem de tamanho crescente, 1, 2, 3 08/06/2018

1ª Tomada de Temperatura.  $h = 12,3$   $15,6$   $15,8$   
 $D = 6,7$   $5,8$   $7$

Lata 2  
 $T_0 = 18,9^\circ\text{C}$   
 $T = 22,4^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 3,5^\circ\text{C}$

Lata 3  
 $T_0 = 16,1^\circ\text{C}$   
 $T = 19,9^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 3,8^\circ\text{C}$

$\Delta t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$

$\Delta t = 10 \text{ min}$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = 250 \text{ g}$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = 250 \text{ g}$

$h_{\text{lata}} = 15,6 \text{ cm}$

$h_{\text{lata}} = 15,8 \text{ cm}$

$D_{\text{lata}} = 5,8 \text{ cm}$

$D_{\text{lata}} = 7 \text{ cm}$

$r_{\text{sol}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ m}$  (distância Terra-Sol)

distância Terra-Sol  $r_{\text{sol}} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$  (raio Sol)

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

1º Passo cálculo da quantidade de calor absorvido pela lata.

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$Q = 250 \cdot 1 \cdot 3,5$

$Q = 250 \cdot 1 \cdot 3,8$

$Q = 875 \text{ cal}$

$Q = 950 \text{ cal}$

2º Passo cálculo da Potência da lata.

$P = Q / \Delta t$

$P = Q / \Delta t$

$P = 875 / 600$

$P = 950 / 600$

$P = 1,46 \text{ cal/s} \times 4,18 = 6,1 \text{ J/s}$

$P = 1,583 \text{ cal/s} \times 4,186 = 6,63 \text{ J/s}$

3º Passo quantidade de calor absorvido pelo do sol

$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{lata}} \quad (90,90)$

$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{lata}}$

$Q_{\text{sol}} = 6,1 / (5,8 \cdot 15,6)$

$Q_{\text{sol}} = 6,63 / (7 \cdot 15,8)$

$Q_{\text{sol}} = 0,0674 \dots \text{ J/s} \cdot \text{cm}^2$

$Q_{\text{sol}} = 0,0599 \dots \text{ J/s} \cdot \text{cm}^2$

4º Passo calcular área total do Sol. (esfera).

Lata 2  $A_{\text{sol}} = 4\pi r^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (1,5 \cdot 10^3)^2 = 12,56 \cdot 2,25 \cdot 10^{16} = 28,26 \cdot 10^{16} \text{ cm}^2$   
 Lata 3  $= 28,26 \cdot 10^{16} \text{ cm}^2$

5º Potência total do Sol

$P_T = Q_{\text{sol}} \cdot A_T = 0,0674 \cdot 28,26 \cdot 10^{16} = 1,904724 \cdot 10^{16} \text{ J/s}$   $P_T = 0,0599 \cdot 28,26 \cdot 10^{16} = 1,692774 \cdot 10^{16} \text{ J/s}$

6º Cálculo da Temperatura do Sol com área superficial do Sol.  $P_T = 4\pi R^2 \sigma T^4$   
 $1,904724 \cdot 10^{16} = 4 \cdot 3,14 \cdot (6,96 \cdot 10^8)^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} T^4$   $T = 4847,91 \text{ K}$   $1,692774 \cdot 10^{16} = 4 \cdot 3,14 \cdot (6,96 \cdot 10^8)^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} T^4$   $T = 4706,54^\circ\text{C}$

## 2º Tomada de temperatura

Lata 1

$$\left. \begin{array}{l} T_0 = 16,1^\circ\text{C} \\ T = 20^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 3,9^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 150 \cdot 1 \cdot 3,9$$

$$Q = 975 \text{ cal}$$

$$P = Q / \Delta t$$

$$P = 975 / 600$$

$$P = 1,625 \text{ cal/s} \times 4,186 = 6,80225 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{tota}}$$

$$Q_{\text{sol}} = 6,80225 / 6,7 \cdot 12,3$$

$$Q_{\text{sol}} = 0,082541 \dots \text{ J/s}\cdot\text{cm}^2$$

$$A_{\text{Tsol}} = 28,26 \cdot 10^{26} \text{ cm}^2$$

Terra-Sol.

$$P_{\text{tsol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{\text{Tsol}}$$

$$P_{\text{tsol}} = 0,082541 \cdot 28,26 \cdot 10^{26}$$

$$P_{\text{tsol}} = 2,33260866 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

$$P_{\text{at}} = A_{\text{sol}} \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$2,33260866 \cdot 10^{26} = 4 \cdot 3,14 \cdot (6,96 \cdot 10^8)^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} T^4$$

$$2,33260866 \cdot 10^{26} = T^4$$

$$3449,778232 \cdot 10^8$$

$$T = 5099,32 \text{ K}$$

Lata 2

$$\left. \begin{array}{l} T_0 = 22,7^\circ\text{C} \\ T = 25,5^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 2,8^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 150 \cdot 1 \cdot 2,8$$

$$Q = 700 \text{ cal}$$

$$P = Q / \Delta t$$

$$P = 700 / 600$$

$$P = 1,17 \times 4,186 = 4,8837 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{tota}}$$

$$Q_{\text{sol}} = 4,8837 / (5,8 \times 12,6)$$

$$Q_{\text{sol}} = 0,05397546 \dots \text{ J/s}\cdot\text{cm}^2$$

$$P_{\text{tsol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{\text{Tsol}}$$

$$P_{\text{tsol}} = 0,05397546 \cdot 28,26 \cdot 10^{26}$$

$$P_{\text{tsol}} = 1,52534661 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

$$1,52534661 \cdot 10^{26} = 3449,778232 \cdot 10^8 T^4$$

$$T = 4585,58 \text{ K}$$

3º Tomada de Temperatura dentro de casa em cima de massa.

Lata 1

$$\left. \begin{array}{l} T_0 = 20,6^\circ\text{C} \\ T = 24,7^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 4,1^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 250 \cdot 1 \cdot 4,1$$

$$Q = 1025 \text{ cal}$$

Lata 2

$$\left. \begin{array}{l} T_0 = 25,6^\circ\text{C} \\ T = 29,4^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 3,8^\circ\text{C}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 250 \cdot 1 \cdot 3,8$$

$$Q = 950 \text{ cal}$$

$$P = Q / \Delta t \quad \times 4,186$$

$$P = 1025 / 600 = 1,708 = 7,151 \text{ J/s}$$

$$P = Q / \Delta t \quad \times 4,186$$

$$P = 950 / 600 = 1,583 = 6,627 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{Lata}}$$

$$Q_{\text{sol}} = 7,151 / (6,7 \times 12,3)$$

$$Q_{\text{sol}} = 0,08677 \text{ J/s cm}^2$$

$$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{Lata}}$$

$$Q_{\text{sol}} = 6,627 / (5,8 \times 15,6)$$

$$Q_{\text{sol}} = 0,0732427 \text{ J/s cm}^2$$

$$A_{T-s} = 28,26 \cdot 10^{26} \text{ cm}^2$$

$$P_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{T-s}$$

$$P_{\text{sol}} = 0,08677 \cdot 28,26 \cdot 10^{26}$$

$$P_{\text{sol}} = 2,4521202 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

$$P_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{T-s}$$

$$P_{\text{sol}} = 0,0732427 \cdot 28,26 \cdot 10^{26}$$

$$P_{\text{sol}} = 2,0698 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

$$P_{\text{sol}} = A_{\text{sol}} \cdot G \cdot T^4$$

$$2,4521202 \cdot 10^{26} = 3449,778232 T^4$$

$$T = 5163,42 \text{ K}$$

$$P_{\text{sol}} = A_{\text{sol}} \cdot G \cdot T^4$$

$$2,0698 \cdot 10^{26} = 3449,778232 T^4$$

$$T = 4949,19 \text{ K}$$

4ª Tomada de temperatura dentro do casa e ar do mesa.

lata 2  
 $T_0 = 29,4^\circ\text{C}$   
 $T = 32,1^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 2,7^\circ\text{C}$

lata 3  
 $T_0 = 20,3^\circ\text{C}$   
 $T = 24,8^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 4,5^\circ\text{C}$

$$Q = 250 \cdot 1,45$$

$$Q = 1,125 \text{ cal}$$

$$P = Q / \Delta t = 1,125 / 600$$

$$P = 1,875 \times 10^{-6} = 7,89 \text{ J/s}$$

$$Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{ata}} = 7,89 / (7 \times 158)$$

$$Q_{\text{sol}} = 0,0709 \text{ J/s.cm}^2$$

$$A_{T-S} = 28,26 \cdot 10^{26} \text{ cm}^2$$

$$P_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{T-S}$$

$$P_{\text{sol}} = 0,0709 \cdot 28,26 \cdot 10^{26}$$

$$P_{\text{sol}} = 2,0054 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

$$2,0054 \cdot 10^{26} = 3449,782 \cdot 10^8 \text{ W}$$

$$T = 4910,23 \text{ K}$$

O experimento foi realizado quatro vezes com duas latas de cada vez. Neste experimento foi usado três latas de tamanhos diferentes, analisando duas de cada vez, pois, foi devolvido os demais termômetros emprestados de outra escola. No momento em que os alunos estavam manipulando os materiais e anotando as informações obtidas do experimento, não sentiram dificuldades e ficaram muito animados com a atividade, mas na hora de manipular a calculadora, as fórmulas e desenvolver as equações demonstraram uma certa dificuldade e um certo desânimo, mas na hora que conseguiram o primeiro resultado e viram que o resultado se aproximou da temperatura do Sol voltaram a ficar animados novamente para ver os demais resultados alcançados. Podemos ver nos resultados obtidos que a margem de erro ficou entre 9,4% e 19%, usando a temperatura aproximada do Sol em 5700K e descartando as três piores medidas este valor fica entre 9,4% e 13,85%,

melhorando ainda mais o resultado da temperatura do Sol por alunos do EM. Isso mostra aos alunos que nem sempre é possível fazer uma medida direta, as vezes temos que encontrar meios de fazê-las indiretamente como ocorreu no experimento. Apesar do plano de aula não poder ter sido aplicado no mesmo dia as duas aulas, e ter finalizado com um grupo pequeno de alunos, se mostra promissor a aplicação destes conceitos de FM com alunos do segundo ano do EM e nesta TLS baseada na DBR. Com o conceito de Corpo Negro foi possível alcançar as Leis de Wien, Planck, Stefan e Boltzmann, mostrando ao aluno elementos de FM que talvez vissem na graduação se decidissem por uma graduação na área da física. Outro ponto importante deste trabalho é a transposição didática de conceitos de FM da graduação para a educação básica, no EM em uma sequência de ensino aprendizagem para alunos do segundo ano numa sequência de conteúdos da própria série no estudo da Termodinâmica.

No último plano de aula com o título Painel Solar, Corpo Negro e Energia Elétrica, previsto duas aulas, se iniciou com perguntas motivadoras para responder e entregar, em dupla, com o professor passando pelos grupos a fim de perceber os conhecimentos prévios dos alunos. Após a inferência da aula os alunos respondem as mesmas perguntas e entregam as respostas ao professor. Vejamos alguns resultados do início e do final da aula.

Os alunos M2 e Y respondem no início da seguinte maneira:

- O que é radiação eletromagnética?  
*... ondas ...*
- Vimos na aula anterior a absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?  
*É um corpo que absorve todos os aspectos de umite*
- Qual parte da física que estuda corpo negro?  
*física moderna*
- Como pode ser útil em nossas vidas?  
*...*
- O que é um painel solar?  
*É um painel que transforma luz solar em energia elétrica us calor*
- Como funciona o painel solar?  
*usando ondas eletromagnéticas e transformando em energia*
- O tamanho, a área de um painel solar influencia em seu funcionamento?  
*Sim.*
- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso?  
*...*

### No final da aula respondem:

- O que é radiação eletromagnética?  
liberação de energia através de ondas
- Vimos na aula anterior a absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?  
É um corpo que absorve ou emite todos os aspectos
- Qual parte da física que estuda corpo negro?  
física moderna
- Como pode ser útil em nossas vidas?  
economizando energia,
- O que é um painel solar?  
transforma luz solar em energia elétrica, ou calor.  
É um equipamento que...
- Como funciona o painel solar?  
Ele somente a luz solar, em energia, abastecendo assim a sua casa ou local em que está instalada
- O tamanho, a área de um painel solar influencia em seu funcionamento?  
Sim,
- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso? transforme a radiação em energia, para lâmpadas domésticas ou profissionais

### As alunas E e M respondem:

- O que é radiação eletromagnética?  
valor emitido por ondas de luz.
- Vimos na aula anterior a absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?  
Corpo negro é aquele que absorve todos os aspectos e quando não absorvendo ele os emite.
- Qual parte da física que estuda corpo negro?  
Física moderna.
- Como pode ser útil em nossas vidas?  
Para aquecer em vários aspectos da vida do ser humano e para gerar energia, como o painel solar
- O que é um painel solar?  
É um sistema que obtém energia através da luz solar
- Como funciona o painel solar?  
Ele absorve a radiação do sol e transforma em calor ou energia elétrica
- O tamanho, a área de um painel solar influencia em seu funcionamento?  
Sim. Quanto menor mais rápido ele recebe calor para transformar em energia e se inverte e quando a área é maior
- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso? a potência total das transformações de energia, a área de superfície que ocorre isso e a diferença de temperatura.

Após a aula escrevem:

- O que é radiação eletromagnética?  
É a liberação de energia através de ondas no vácuo.

- Vimos na aula anterior a absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?  
Um corpo que absorve todos os espectros, e quando não absorve, ele emite - os.

- Qual parte da física que estuda corpo negro?  
Física Moderna

- Como pode ser útil em nossas vidas?  
Para aquecer ou energia elétrica. Aquecer como o tel fog quando emite, ou quando um painel solar absorve as ondas e as transforma em energia.

- O que é um painel solar?  
Uma ferramenta muito usada pelas pessoas para gerar energia elétrica ou calor. Pois ele absorve as ~~ondas~~ ondas eletromagnéticas do tel.

- Como funciona o painel solar?  
Ele ~~capta~~ capta a energia que vem do tel e transforma em calor ou eletricidade.

- O tamanho, a área de um painel solar influencia em seu funcionamento?  
Sim. Se ele for pequeno, por exemplo, absorverá mais rapidamente o calor do que um maior.

- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso? O painel transforma a radiação em energia elétrica para benefícios doméstica ou profissional

Os alunos A e G respondem:

- O que é radiação eletromagnética?  
É o calor emitido por raios de luz

- Vimos na aula anterior a absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?  
É um corpo que absorve espectros e quando não está absorvendo está liberando espectros.

- Qual parte da física que estuda corpo negro?  
Física Moderna

- Como pode ser útil em nossas vidas?  
Na hora de escolher uma roupa no calor ou no frio

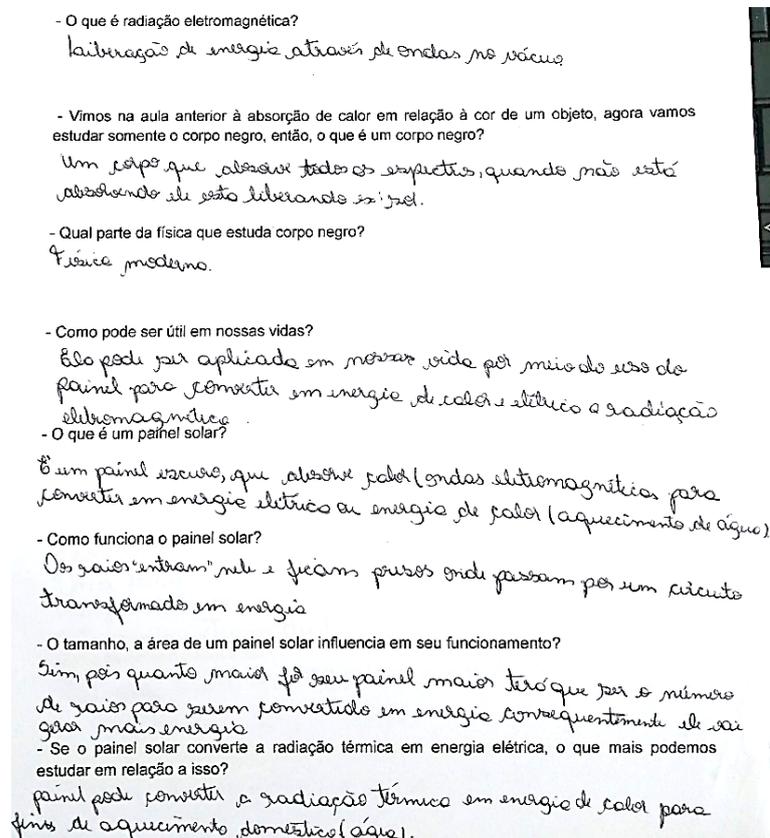
- O que é um painel solar?  
É um painel que absorve os raios solares e transforma em energia elétrica e energia de calor

- Como funciona o painel solar?  
O painel absorve a luz solar transformando-a tanto em energia elétrica e energia de calor

- O tamanho, a área de um painel solar influencia em seu funcionamento?  
Sim. Quanto maior, será maior a produção de energia, mas irá demorar mais para ser aquecida. Já menor, a produção é mais rápida

- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso?  
A transformação total dos transformações de energia a área de superfície que ocorre isso e a diferença de temperatura.

## Após a aula:



As perguntas realizadas no início da aula foram respondida por alguns alunos com certa dificuldade e algumas questões não responderam, mas também foi percebido que a maioria dos alunos responderam às perguntas iniciais pensando nas aulas anteriores, surgindo a palavra física moderna, corpo negro, calor emitido por raios de luz, absorção do espectro, raios solares, transforma em energia elétrica, área da superfície e diferença de temperatura, usando o método científico, deixando de lado o senso comum para responder as perguntas, então, foi percebido, uma ampliação dos conhecimentos na mente do aluno com a aplicação da TLS. No final da aula com a aplicação do questionário novamente as respostas ficaram mais elaboradas cientificamente, com o aluno mostrando que se apropriou dos conteúdos de física abordados na aula.

Na experimentação foi necessário a explicação sobre painel solar e do funcionamento do multímetro, o que ele mede, ligação em série e em paralelo de circuitos elétricos. Após os alunos seguirem roteiro do experimento como podemos ver abaixo:

As alunas L, M, E e A respondem às questões do roteiro da experimentação, respectivamente:

- 5ª) Após fazer estes procedimentos discutam as informações no grupo.
- Qual a função da lâmpada? *calor e ondas eletromagnéticas*
  - Qual a função do painel solar? *absorver calor e transformar em energia*
  - Qual a função do multímetro? *medir tensão, corrente e resistência de um sistema*
  - Qual a função do circuito elétrico? *é por onde passa a energia*
- 7ª) Discussão dos resultados com a turma.
- Verifiquem se os resultados foram os mesmos. *não*
  - Porque os resultados foram diferentes? *por questão de lâmpada para lâmpada*
  - Quais os conceitos físicos abordados no experimento? *calor, ondas eletromagnéticas e elétrica*
  - Como eles foram abordados? *por meio de teoria e também experiências práticas*
- 9ª) Organização do conhecimento no caderno.
- 5ª) Após fazer estes procedimentos discutam as informações no grupo.
- Qual a função da lâmpada? *calor e ondas eletromagnéticas*
  - Qual a função do painel solar? *absorver calor e transformar em energia*
  - Qual a função do multímetro? *medir tensão, corrente e resistência de um sistema*
  - Qual a função do circuito elétrico? *é por onde passa toda a energia*
- 7ª) Discussão dos resultados com a turma.
- Verifiquem se os resultados foram os mesmos. *não foram*
  - Porque os resultados foram diferentes? *porque diferentes lâmpadas emitem ondas diferentes*
  - Quais os conceitos físicos abordados no experimento? *calor, ondas eletromagnéticas, elétricas, mecânicas, elétrica*
  - Como eles foram abordados? *por teoria e prática, medindo e observando as diferenças de lâmpada para lâmpada*
- 9ª) Organização do conhecimento no caderno.
- 5ª) Após fazer estes procedimentos discutam as informações no grupo.
- Qual a função da lâmpada? *calor e ondas eletromagnéticas*
  - Qual a função do painel solar? *absorver calor e transformar em energia*
  - Qual a função do multímetro? *medir tensão, corrente e resistência de um sistema*
  - Qual a função do circuito elétrico? *por onde passa a energia*
- 7ª) Discussão dos resultados com a turma.
- Verifiquem se os resultados foram os mesmos. *não*
  - Porque os resultados foram diferentes? *porque questão de lâmpada para lâmpada*
  - Quais os conceitos físicos abordados no experimento? *calor, ondas eletromagnéticas e elétrica*
  - Como eles foram abordados? *por teoria e prática principalmente, medindo e observando as diferenças*
- 9ª) Após fazer estes procedimentos discutam as informações no grupo.
- Qual a função da lâmpada? *fonte de energia, fonte de ondas eletromagnéticas*
  - Qual a função do painel solar? *converter o calor liberado pela lâmpada em energia*
  - Qual a função do multímetro? *medir a tensão, corrente e resistência*
  - Qual a função do circuito elétrico? *por onde passa toda a energia*
- 7ª) Discussão dos resultados com a turma.
- Verifiquem se os resultados foram os mesmos. *quase não*
  - Porque os resultados foram diferentes? *por questão de lâmpada para lâmpada*
  - Quais os conceitos físicos abordados no experimento? *calor, ondas eletromagnéticas e elétrica*
  - Como eles foram abordados? *teoria e prática por meio de experiências, medindo através do multímetro*
- 9ª) Organização do conhecimento no caderno.

Mais uma vez podemos dizer que os alunos ficam muito satisfeitos com a manipulação dos materiais do experimento, fazendo com que o aprendizado e o conhecimento fiquem mais profundo na mente dos alunos. Este experimento mostrou que a Termodinâmica e a FM vão além do aprendido desta TLS, mostrando uma parte da eletricidade, a captação da energia do Sol por um painel solar e a conversão

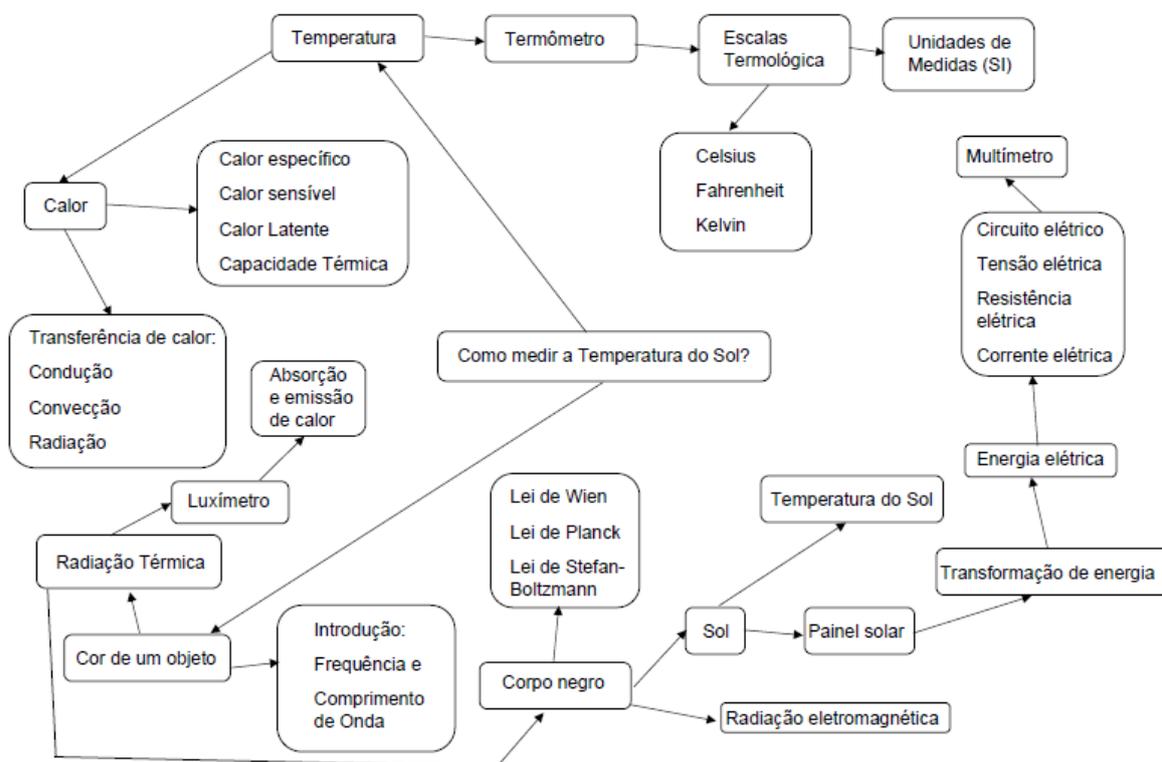
de energia. Mostrando o funcionamento de um painel solar, sua utilidade nos dias atuais, circuito elétrico e como medir, corrente elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica, ficando no cognitivo do aluno e usados na série seguinte quando estes conceitos físicos abordados foram aprofundados. Outro ponto importante na experimentação que desta vez a medida realizada foi direta, não indireta como no experimento anterior, favorecendo o aprendizado e o conhecimento absorvido pelo aluno.

Percebemos com este trabalho a necessidade de mudança na maneira como ensinamos a física, pois, a abordagem a partir de uma pergunta motivadora e a busca por conhecimento a partir de resultados de experimentos, trouxe uma atenção maior dos alunos e a percepção da interligação entre conceitos e fenômenos físicos. Acreditamos que a divulgação para que os trabalhos desenvolvidos no âmbito do MNPEF alcancem demais professores e as salas de aula, proporcionará um avanço no ensino de ciências. A verificação do objetivo central desta TLS foi uma análise geral associada a pesquisa, baseada na aprendizagem dos alunos participantes na resolução de um problema, como nas entrevistas realizadas por Piaget, e na relação social dos participantes da pesquisa na maneira de interagir aluno – aluno, aluno – professor, aluno – escola e aluno – sociedade, destacando a cultura, o contexto social e a linguagem, como proposto por Vygotsky.

### 3.1 QUANTO À APRENDIZAGEM

A aprendizagem ocorreu pelos ensinamentos de Piaget quando fala que o aluno é motivado na busca de uma resposta, desde que seja possível pelo seu conhecimento respondê-la ou ainda pelos ensinamentos de Vygotsky mostrando que o meio social, cultural e a linguagem são partes do aprendizado do aluno. Através da TLS produzida e da DBR projetada no produto. Então este trabalho teve como ponto de partida uma pergunta geradora de uma discussão sobre os conhecimentos necessários da Termodinâmica e FM para responder à pergunta. Desta forma foi desenhado um mapa figura 25 de todos os conteúdos necessários para se ter a resposta.

Figura 25: Mapa de conteúdos necessários na TLS.



Fonte: O autor

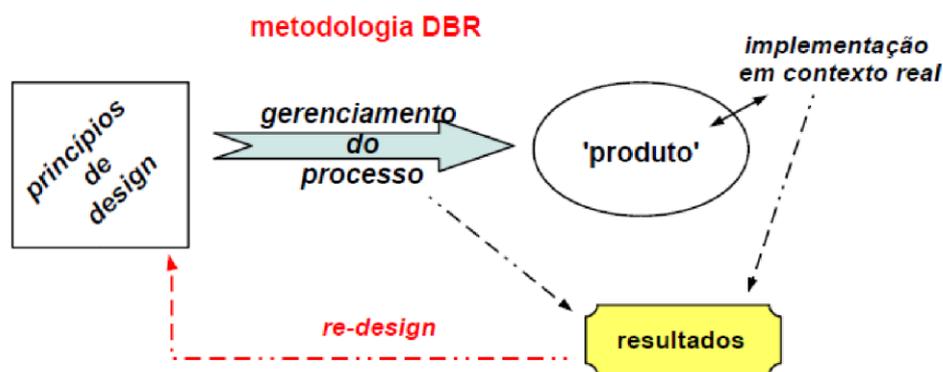
Cinco planos de aula foram elaborados com foco na aprendizagem do aluno, permitindo a participação ativa na construção do conhecimento. Estes cinco planos de aula compostos por nove aulas distribuídas de maneira a descobrir os conhecimentos prévios do aluno através de perguntas motivadoras no início das aulas, trazendo materiais que o aluno pudesse manipular e usar na experimentação, como o termômetro e o multímetro, a teoria por trás dos conteúdos de física necessários para se chegar a resposta, experimentos para que o aluno visualizasse e entendesse o conceito físico através do método científico e o método investigativo que a ciência usa para chegar ao produto final.

Então a aprendizagem ocorreu de forma qualitativa, na observação do professor, nas discussões sobre os temas abordados, na interação entre os participantes, nas respostas dadas nos questionários, no roteiro do experimento e no relatório do experimento.

### 3.2 QUANTO À SEQUÊNCIA

A sequência utilizada foi eficaz e possível no estudo de conceitos de Termodinâmica e FM, lembrando que foi aplicada na turma de segundo ano do EM na sequência das aulas da série. Outro ponto importante é a transposição didática de conceitos físicos de nível mais elevado para menos elevado e sem perdas conceituais. A distribuição dos conteúdos nos planos de aula se ajustou de acordo com o tempo planejado. A sequência planejada a partir da TLS e com princípios da DBR se mostrou com muito potencial para futuras intervenções e mudanças na sequência utilizada. Estas mudanças, o redesign da TLS-DBR, onde cada professor pode interferir e adaptar a sua realidade escolar, avaliando o processo bem como o produto educacional. Podemos observar o re-design na figura 26 mostra o momento em que ocorre:

Figura 26: Esquema simplificado da Sequência de ensino-aprendizagem e ao final como ocorre o re-design.



Fonte: KNEUBILL; PIETRECOLA (2017)

O uso dos ensinamentos de Piaget e Vygotsky se mostram promissores neste modelo de planejamento de aula, pois, para iniciar este trabalho parte de um problema, uma pergunta inicial para montar toda a sequência de ensino-aprendizagem, como nas entrevistas piagetianas, e privilegia os conhecimentos dos alunos no meio social, cultural e a própria linguagem utilizada para justificar as discussões, mostrando a importância do desenvolvimento da teoria vigotskiana neste trabalho. Outro ponto importante nesta sequência, são os materiais da

experimentação de baixo custo, sendo possível fazer na própria escola com os alunos.

E o mais importante, o aluno, ficaram realizados com aulas deste modelo de ensino-aprendizagem e da teoria a experimentação, sendo assim, a sequência trabalhada foi um sucesso, pois, os alunos se mostraram muito motivados a aprender física, o que nos dias de hoje não está muito fácil para os professores.

Quanto a dificuldades encontradas para a realização da sequência são o tempo que levou na preparação, na execução, apenas duas aulas semanais e isoladas, o ideal seria juntas, e não foi possível fazer o cálculo da temperatura do Sol no dia planejado porque o Sol não apareceu, tempo estava nublado, sendo realizado em dia posterior com um grupo reduzido de alunos.

Após a avaliação do processo e do produto educacional o re-design se mostra necessário inserir um plano de aula, com uma aula, com o título como medir a temperatura do sol? E também pequenas mudanças nos planos de aula já aplicados, como as perguntas iniciais com o propósito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, foi percebido que poderiam ser mais bem pensadas e por isso algumas foram mudadas para a próxima aplicação.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta sequência de ensino-aprendizagem com título, *como medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio* mostra em sua elaboração e implementação uma proposta pedagógica que integra conhecimentos de Física Moderna dentro da Termodinâmica na sequência natural dos conteúdos de física da segunda série do Ensino médio, tendo como tema central o cálculo da temperatura do Sol.

Na busca da resposta à pergunta inicial, isso mostra uma estratégia para mobilizar os alunos em torno do mesmo objetivo, permitindo a participação, a argumentação e interações entre professor-aluno e aluno-aluno. Essa troca de ideias promove o trabalho em grupo, possibilitando que possíveis deficiências de aprendizagem durante a aplicação do produto sejam superadas a partir dessa interação durante o processo de ensino-aprendizagem.

Para elaboração desta inferência pedagógica usou-se o método de TLS com uso da ferramenta design no produto, produzindo uma sequência de ensino-aprendizagem que potencializasse o ensino da Termodinâmica e inserisse conceitos fundamentais da FM. Esta maneira de ensino está ligada a epistemologia dos conteúdos, a relação do mundo real com o conhecimento científico e a área pedagógica que envolve professor, alunos e a relação entre eles.

Assim, foram elaborados cinco planos de aula contendo nove aulas onde foram distribuídos os conhecimentos necessários para responder à pergunta desta TLS, gerando um produto educacional. Na aplicação do produto, os alunos foram imprescindíveis, em sua aplicação, no processo em si, na avaliação dos resultados obtidos e no re-design do produto.

Na proposta pedagógica desta TLS usou-se uma abordagem nos conteúdos de física teórico- experimental, usando, phet do colorado, softer para celular (luxímetro), materiais alternativos no uso do laboratório escolar, a experimentação em si, o aluno centro da aprendizagem, atividades individuais e em grupo, que contribuiu significativamente na aprendizagem dos alunos.

Com o início da TLS os alunos ficaram motivados e curiosos, potencializando o interesse em aprender os conceitos de física propostos na sequência de ensino-aprendizagem, permitindo uma construção gradativa de novos saberes. Pois, um ensino voltado à realidade vivencial dos alunos, onde o aluno pode desenvolver a

experimentação, manipular materiais e buscar os resultados, mostra que o aluno tem vontade em aprender os conhecimentos da Física de forma prazerosa.

Esta TLS buscou a inserção de conceitos fundamentais da FM dentro da Termodinâmica, isso contribui de forma profunda, significativa e contextualizada, para a formação mais completa dos estudantes, pois, o ensino de FM permite ao aluno a compreensão de tecnologias usadas em seu cotidiano, aproximando ainda mais o aluno das ciências naturais e do método científico.

Assim, mostramos que é possível a transposição didática pedagógica dos conteúdos de FM de nível mais elevado para menos elevado, privilegiando alunos do EM e que não exige uma matemática excessivamente complexa.

Uma observação muito importante foi na evolução do pensamento dos alunos em relação ao registro durante o percurso de toda a TLS, pois, no início tiveram dificuldades em transpor os conhecimentos aprendidos para o papel, muitas vezes escrevendo o senso comum ou nem respondiam, mas com o passar das aulas da sequência foi possível perceber que a transposição evoluiu em qualidade na escrita, com caráter científico, usando os conceitos físicos aprendidos nas respostas.

Durante o processo do produto educacional podemos afirmar que os alunos tiveram uma aprendizagem significativa. Sendo assim, este produto permitiu a evolução de novos saberes na mente dos alunos. Esta afirmação é possível devido às observações em sala de aula, nas respostas dos questionários antes e após a aula, na entrega de relatório das experiências e das aulas e no desenvolvimento do roteiro das experiências. Também na fala dos alunos, “nossa como passou rápida a aula”, “a partir de agora, só queremos aulas assim professor”, mesmo com todo o trabalho e dificuldade que tiveram durante as aulas, eles querem o direito de participação ativamente no processo de ensino-aprendizagem e na construção e evolução do seu próprio conhecimento.

Então, a TLS mostra a maneira de inserir conceitos de FM dentro do currículo de Termodinâmica, em turmas de EM com estratégias de aplicação que promovem aprendizagem significativa dos conteúdos apresentados. Lembrando que este modelo de aplicação incentiva um melhoramento ou adaptação de toda a TLS, o re-design. Por isso, esperamos que este produto educacional ajude professores a melhorar sua prática pedagógica na aplicação deste em sua realidade escolar, elaborando um re-design desta TLS.

## REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. A filosofia do não. In: **Os pensadores**. PESSANHA, J. A. M. São Paulo: Abril Cultural, p. 4-87, 1978.

BORGES, O. Formação inicial de Professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 28, nº 2, p. 135-142, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais – Ensino Médio**. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciência da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC 2ª versão**. Brasília, DF, 2016.

BRITO, Rosa Maria Cavalcanti; **O Professor, a Aprendizagem Significativa e a Avaliação: Base para o Sucesso Escolar Do Aluno**. Disponível em PDF em: <[http://www.anpae.org.br/seminario/ANPAE2012/1comunicacao/Eixo03\\_38/Rosa%20Maria%20Cavalcanti%20Brito\\_int\\_GT3.pdf](http://www.anpae.org.br/seminario/ANPAE2012/1comunicacao/Eixo03_38/Rosa%20Maria%20Cavalcanti%20Brito_int_GT3.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2017.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, 2013.

COLLINS, A., JOSEPH, D.; & BIELACZYK, K. (2004). **Design research: Theoretical and methodological issues**. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Espectros de Emissão e de Absorção e Leis de Kirchhoff. **Brasil Escola**. 2017. Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectros-emissao-absorcao-leis-kirchhoff.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

GOUVEIA, Rosimar. **Condução Térmica**. 2018. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/conducao-termica/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física: mecânica**. 8 ed. vol. 1. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8 ed. vol. 2. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 8 ed. vol. 3. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. 8 ed. vol. 4. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

HAMILTON, Calvin J. **O sol**. Traduzido por Kepler Oliveira. 1997. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm>>. Acesso em: 01 set. 2017.

KEPLER S. Oliveira e Saraiva; OLIVEIRA Maria F. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre. 1994.

KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J.; BATISTA, I. L. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]** IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. v. 1. p. 1-9.

KNEUBIL, Fabiana Botelho; PIETRECOLA, Maurício. **A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências**, 2017. artigo.

LEMKE, J.L., **Aprender a hablar Ciencia**, Buenos Aires, Paidós, 1997.

LEITHOLD, Angelo Antonio. PEREIRA, Oneide José. **O Sol**. Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE - Faculdades Integradas Espírita - FIES - Campus de pesquisas geofísicas Major Edsel de Freitas Coutinho - Convênio 2006-2012. 2010. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/anomaliamagneticaatlanticosul2/home/sol>>. Acesso em: 06 set. 2017.

LIMA, Carlos R. A. **Tópicos de Laboratório de Física Moderna**. UFJF – Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/fisica/files/2010/03/Labfismodroteiro.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017.

MARTINI, Gloria; SPINELLI, Walter; reis, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física 2**. São Paulo: Editora Moderna, 2014.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**. v.26.n 5. p. 515–535, 2004.

MOREIRA, Marco A. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Ed. E.P.U - Editora Pedagógica e Universitária, 1999. 195p. ISBN 851232140.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 2000.

MOREIRA, M.A; OSTERMANN, F.; **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no ensino médio"**. Investigações em Ensino de Ciências, vol. 5, nº. 1, 2000.

MOREIRA, Marco A.; MASSORI, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de seqüências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Instituto da física – UFRGS, 2016

MOREIRA, Marco Antônio; **Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente** (pdf), 2017. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em: 07 nov. de 2017.

MUTLAQ, Jasem. **Cores e temperaturas de estrelas**. 2017. Disponível em: <[https://docs.kde.org/trunk5/pt\\_BR/extragear-edu/kstars/ai-colorandtemp.html](https://docs.kde.org/trunk5/pt_BR/extragear-edu/kstars/ai-colorandtemp.html)>. Acesso em: 31 ago. 2017.

NOVAES, Marcel e Studart, Nelson. **Mecânica Quântica Básica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. (Série MNPEF)

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica**, v. 1, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1987.

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica**, v. 3, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1987.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica** – vol. 4. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1998.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso Básico de Física 2 - Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, 4ª edição, Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo 2002.

PEREZ, Silvana. **Mecânica Quântica. Um curso para professores da Educação Básica**. Série MNPEF, v. 3. Editora Livraria da Física. São Paulo: 2016.

PIAGET, Jean. **A Equilibração das Estruturas Cognitivas**. Problema central do desenvolvimento. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, Jean. **Conversando com Jean Piaget**. Rio de Janeiro: Difel, 1978.

PIAGET, Jean. **Fazer e Compreender**. Trad. Cristina L. de P. Leite. São Paulo: Melhoramentos; EDUSP, 1978. 186p.

PIETROCOLA, M., OLIVEIRA, R. C. (2005). A. Análise do Sucesso das Estratégias e Recursos Didáticos Utilizados em uma Proposta Curricular de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. **In Anais...** V ENPEC – SP. Bauru, SP.

PIETROCOLA, Maurício. **Inovação curricular em física**: Transposição didática e a sobrevivência dos saberes. Trabalho apresentado em mesa redonda no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – 2008

POLITO, Antony M. M. **A Construção da Estrutura Conceitual da Física Clássica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. (Série MNPEF, v. 2).

PHET COLORADO. Simulações interativas. Universidade do Colorado. 2017. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html)>. Acesso em: 08 set. 2017.

PSILLOS, D., TSELFES, V.; KARIOTOGLOU, P. An Epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. **International Journal of Science Education**. 2004.

REZENDE JUNIOR,  
RIGDEN, J.S. **American Journal of Physics**. P.1067, 12 de dezembro, 1986.

ROCHA, José Fernando; PONCZEK, Roberto I. Leon; PINHO, Suani T.; ANDRADE, Rubim de; SILVA, Roberto F.; JUNIOR, Olival Freire; FILHO, Aurino Ribeiro. **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Ed. EDUFBA, 1ª ed., Salvador, 2002.

ROONEY, A., **A História da Física: Da Filosofia ao Enigma da Matéria Negra**. Ed. M.Books do Brasil, 2013.

SILVA, Débora. Energia irradiada. **Estudo Prático**. Pernambuco, 2015. Disponível em: <<https://www.estudopratico.com.br/energia-irradiada-lei-do-deslocamento-e-irradiacao-termica/>>. Acesso em: 03 set. 2017.

SILVA, Sandra Maria da. **Uma Experiência de inserção de astronomia e física moderna no ensino médio a partir do sol**. Natal, 2015.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. O que é infravermelho? **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilestola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>>. Acesso em 10 de set. de 2017.

SCHUTZ, B. **A First Course in General Relativity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

STENSMANN, Berenice Helena Wiener. Propagação do Calor. 2017. **Instituto de Física**. Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008\\_02/Berenice/aula3.html](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Berenice/aula3.html)>. Acesso em 01 set. 2017.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro, LTC Editora, 2010.

VALADARES, E. C; MOREIRA, A M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2: p. 121-135, ago. 1988.

VERONEZ, Wanderley Marcílio. **Experimentos sobre absorção e emissão de radiação térmica e visível com adaptação do Cubo de Leslie**. Ponta Grossa, 2016.

VYGOTSKY, L. S. (1962). **Thought and language** (E. Hanfmann & G. Vakar, Eds. and Trans.). Cambridge, MA: MIT Press. (Original publicado em 1934)

WADE, Elton. **A interpretação quântica e relativística da natureza - as ciências naturais e a matemática no mundo atual**. Conscientização do espectro autista. Capítulo 3 — Efeito Fotoelétrico. 2017. Disponível em: <<https://medium.com/@eltonwade/cap%C3%ADtulo-3-efeito-fotoel%C3%A9trico-3de7f9fd9416>>. Acesso em: 06 out. 2017.

WIKIWAND. **Radiação eletromagnética**. Disponível em: <[https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)> . Acesso em: 01 set. 2017.

**APÊNDICE A – PLANOS DE AULA**

## PLANO DE AULA 1

### 1. Identificação

Escola/colégio: E.E.B. Almirante Barroso

Curso: Energia e suas transformações

Disciplina: Física

Professor: Vilson Finta

Série/ano letivo: 2<sup>a</sup>, 2<sup>o</sup> Semestre/2017

Carga horaria (disciplina): 2 h/a

Carga horária (aula): 45 min.

**2. Assunto:** Temperatura e Propriedades Térmicas.

### 3. Competências e habilidades:

**3.1** Definir o conceito de temperatura e temperatura de um corpo, utilizando diferentes escalas termométricas.

**3.2** Descrever os processos de troca de calor, definir capacidade térmica, calor específico, calor sensível e calor latente e aplicá-los para resolver problemas e interpretar fenômenos relacionados com as trocas de calor.

### 4. Objetivos gerais:

Compreender as implicações tecnológicas, sociais e culturais que envolvem o conceito de energia térmica.

#### 4.1. Objetivos específicos:

**4.1.1** Compreender o conceito de temperatura e suas aplicações.

**4.1.2** Reconhecer as diferentes escalas termométricas e saber usá-las.

**4.1.3** Diferenciar condutividade térmica, calor específico e calor latente.

### 5. Referencial teórico:

O professor a fim de estimular os alunos aos conteúdos do currículo das ciências propõe problemas cotidianos, fazendo com que o aluno raciocine e construa um novo esquema para acomodação do novo conhecimento. Desta forma o professor passa a ser mediador, saindo do ser central do conhecimento, passando ao aluno o papel de ser pensante, desta forma o aluno passa por conceitos de equilíbrio,

desequilíbrio e reequilíbrio fazendo com que o aluno perceba que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior, construindo um novo esquema de assimilação e se desenvolvendo cognitivamente (Piaget, 1976). Outro ponto importante é a linguagem que a partir do problema faz com que os alunos socializem seus conhecimentos prévios culturalmente adquiridos ao longo da vida com o professor e com seus colegas, desta forma o estudante interage com problemas, assuntos, informações, valores culturais e sociais dos próprios conteúdos do currículo escolar, esses conceitos de interação social mediada pela exposição de conceitos sociais e culturalmente construídos são características da teoria de Vygotsky.

## **6. Momentos da aula:**

### **6.1. Introdução/Incentivação:**

#### **- QUESTÕES PROBLEMATIZADORAS**

O que você sente quando o “dia está quente”?

Como você sabe que está com febre?

- Noções de temperatura com exemplos de objetos quentes e frios que utilizamos em nosso cotidiano, condutividade e calor específico.

### **6.2. Desenvolvimento:**

#### **1ª Aula (Teórica e problematizadora)**

- Introdução/Incentivação.
- Distribuir termômetros.
- Phet Colorado (moléculas de acordo com a temperatura)
- Escalas termométricas.
- Unidades de medidas do Sistema Internacional.
- Formalização das escalas termométricas.
- Exemplos de utilização das escalas em nossa Cidade.
- O que é temperatura? (Conceituar)
- Exercícios de fixação.

#### **2ª Aula (Teórica e problematizadora)**

- Exemplos do cotidiano de trocas de calor entre corpos.
- Demonstrar com exemplos do cotidiano do aluno capacidade térmica, calor específico, calor sensível e calor latente.
- Experimento (Anexo).

- Formalização de capacidade térmica, calor específico, calor sensível e calor latente.
- Como ocorre à transição do gelo até o vapor da água.
- Representação gráfica Q x T da passagem do gelo até o vapor da água.
- Exercícios de fixação.

### **7. Avaliação:**

De forma qualitativa, através da participação da aula por meio de contribuições e da realização de relatórios sobre o assunto, de forma quantitativa através da avaliação escrita ao final da TLS.

**A1.** Avaliação escrita.

**A2.** Relatórios.

**8. Recursos físicos:** Giz, lousa e Tv.

### **9. Bibliografia (consultada):**

HALLIDAY, D.; RESNICK; R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 1997. Rio de Janeiro: Editora LTC.

Martini, Gloria; Spinelli, Walter; Reis, Hugo Carneiro; Sant'anna, Blaidi. **Conexões com a Física 2.** São Paulo – Editora Moderna, 2014.

Moreira, Marco A. **Teoria da aprendizagem.** São Paulo: Ed. E.P.U. (editora pedagógica e universitária), 1999. 195p. ISBN 851232140.

Moreira, Marco A.; Massori, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física.** Instituto da física – UFRGS, 2016

Sites na internet.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016747.PDF> (acesso 27/11/2017)

[https://www.youtube.com/watch?v=phg2j6R\\_rEA](https://www.youtube.com/watch?v=phg2j6R_rEA) (acesso 28/11/2017)

<https://www.youtube.com/watch?v=XjWO1Hr5ASE> (acesso 28/11/2017)

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/calor2.htm> (simulador calor) (acesso 27/11/2017)

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/calor4.htm> (simulador calor específico) (acesso 27/11/2017)

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/calor5.htm> (simulador capacidade térmica) (acesso 27/11/2017)

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/calor3.htm> (simulador equilíbrio térmico) (acesso 27/11/2017)

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/states-of-matter-basics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/states-of-matter-basics) (simulador estados físicos da matéria) (acesso 27/11/2017)

<https://www.youtube.com/watch?v=XjWO1Hr5ASE> acesso em 27/11/2017.

## PLANO DE AULA 2

### 1. Identificação

Escola/colégio: E.E.B. Almirante Barroso

Curso: Energia e suas transformações

Disciplina: Física

Professor: Vilson Finta

Série/ano letivo: 2<sup>a</sup>, 2<sup>o</sup> Semestre/2017

Carga horária (disciplina): 1 h/a

Carga horaria (aula): 45 min.

### 2. Assunto: Transferência de calor

#### 3. Competências e habilidades:

**3.1** Reconhecer as propriedades térmicas dos materiais e os diferentes processos de troca de calor, identificando a importância da condução, convecção e irradiação em sistemas naturais e tecnológicos.

**3.2** Identificar transferências de calor envolvidas em fenômenos naturais ou em processos tecnológicos.

#### 4. Objetivos gerais:

Compreender a maneira que energia se propaga, reconhecendo a condução, convecção e irradiação dessa energia.

#### **4.1. Objetivos específicos:**

**4.1.1** Observar o fenômeno físico de transferência de calor.

**4.1.2** Caracterizar os fenômenos de transferência de calor;

**4.1.3** Ser capaz de responder perguntas sobre transferência de calor.

#### **5. Referencial teórico:**

O professor a fim de estimular os alunos aos conteúdos do currículo das ciências propõe problemas cotidianos, fazendo com que o aluno raciocine e construa um novo esquema para acomodação do novo conhecimento. Desta forma o professor passa a ser mediador, saindo do ser central do conhecimento, passado ao aluno o papel de ser pensante, desta forma o aluno passa por conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio fazendo com que o aluno perceba que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior, construindo um novo esquema de assimilação e se desenvolvendo cognitivamente (Piaget, 1976). Outro ponto importante é a linguagem que a partir do problema faz com que os alunos socializem seus conhecimentos prévios culturalmente adquiridos ao longo da vida com o professor e com seus colegas, desta forma o estudante interage com problemas, assuntos, informações, valores culturais e sociais dos próprios conteúdo do currículo escolar, esses conceitos de interação social mediada pela exposição de conceitos sociais e culturalmente construídos são características da teoria de Vygotsky.

#### **6. Momentos da aula:**

##### **6.1. Introdução/Incentivação:**

Organização da turma em equipes e uma breve explicação sobre transferência de calor, após, problematizar a fim de trabalhar os conhecimentos dos educandos.

- Como vocês percebem o calor?

- Existe algum equipamento que você utiliza com base no calor? Qual? Como funciona?

- A transferência de calor ocorre da mesma forma?

- Em dias frios qual a parte do corpo que gela primeiro mesmo estando bem vestida?

- Onde se deve colocar um ar condicionado se o objetivo for esfriar? E se for esquentar? Por quê?

- O que ocorre quando nos aproximamos de uma churrasqueira em funcionamento? Por quê?
- Como pode uma pessoa próxima a um incêndio ser queimada?
- Com os alunos fazendo as anotações em uma folha, seguindo as orientações do professor.

### **6.2. Desenvolvimento:**

Execução dos experimentos preparados nas mesas sobre transferência de calor por condução, transferência de calor por convecção e transferência de calor por irradiação (ver anexo), observando os fenômenos de transferência de calor e registrando em uma folha, solicitando orientações do professor sempre que necessário.

### **7. Avaliação:**

De forma qualitativa, por meio das observações da interação entre os integrantes da equipe, entre as equipes e entre equipe e professor. De forma quantitativa, por meio dos RA entregues ao final da aula.

**A3.** Trabalhos práticos: 100 pontos.

**A5.** Avaliação oral contínua: 100 pontos.

**8. Recursos físicos:** Giz, lousa, um fio de cobre de 30 cm, um fio de ferro de 30 cm, um fio de alumínio de 30 cm, um palito de madeira com a ponta enrolada com papel alumínio de 30 cm, 20 percevejos metálicos, três velas, um pedaço de papel alumínio, fósforos, suporte de madeira, desenho de uma espiral em folha A4, tesoura, fio de linha de costura.

### **9. Bibliografia (consultada):**

HALLIDAY, D.; RESNICK; R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 2:**

**Gravitação, ondas e termodinâmica.** 1997. Rio de Janeiro: Editora LTC.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE. P. **Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

Martini, Gloria; Spinelli, Walter; Reis, Hugo Carneiro; Snt'anna, Blaidi. **Conexões com a Física 2**. São Paulo – Editora Moderna, 2014.

Moreira, Marco A. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Ed. E.P.U.(editora pedagógica e universitária), 1999. 195p. ISBN 851232140.

Moreira, Marco A.; Massori, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Instituto da física – UFRGS, 2016

Sites na internet.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016747.PDF> (acesso em 28/11/2017)

<https://www.youtube.com/watch?v=HHLgAy1uSfo> (acesso em 28/11/2017)

## 10. Complemento

Em grupo realizar os experimentos:

Experiência 1: **Transferência de calor por condução.**

**Procedimento:**

- 1º) Descreva os materiais do experimento.
- 2º) Ajuste a altura de acordo com o tamanho da vela.
- 3º) Coloque a chama da vela na ponta de cada haste.
- 4º) Observe o que ocorre e anote no caderno.

OBS: Pedir orientação do professor sempre que necessário.

Experiência 2: **Transferência de calor por convecção.**

- 1º) Descreva os materiais do experimento.
- 2º) Pegue o fio pela extremidade oposta ao espiral e coloque acima da vela acesa
- 3º) Observe o que ocorre e anote no caderno.

OBS: Pedir orientação do professor sempre que necessário.

Experiência 3: **Transferência de calor por irradiação.**

- 1º) Descreva os materiais do experimento.
- 2º) Com a vela acesa, aproxime, com cuidado, sua mão na vela até sentir calor, faça isso de diversas posições (superior inferior e dos lados). Preste atenção na

sensação.

3º) Observe o que ocorre e anote no caderno.

OBS: Pedir orientação do professor sempre que necessário.

## **PLANO DE AULA 3**

### **1. Identificação**

Escola/colégio: E.E.B. Almirante Barroso

Curso: Energia e suas transformações

Disciplina: Física

Professor: Vilson Finta

Série/ano letivo: 2ª1, 2º Semestre/2017

Carga horária (disciplina): 2 h/a

Carga horária (aula): 45 min.

### **2. Assunto: Radiação Térmica e Cor de um Objeto**

### **3. Competências e habilidades:**

**3.1** Aplicar propriedades de radiação e temperatura de absorção na relação lâmpada, radiação e cores de um objeto.

**3.2** Identificar radiação eletromagnética do calor envolvida em fenômenos naturais ou em processos tecnológicos.

### **4. Objetivos gerais:**

Compreender a relação de cor e radiação térmica de energia.

#### **4.1. Objetivos específicos:**

**4.1.1** Observar o fenômeno físico de radiação térmica.

**4.1.2** Caracterizar o fenômeno da absorção de calor como dependente da cor do objeto.

**4.1.3** Ser capaz de responder perguntas sobre radiação de calor.

### **5. Referencial teórico:**

O professor a fim de estimular os alunos aos conteúdos do currículo das ciências propõe problemas cotidianos, fazendo com que o aluno raciocine e construa um novo

esquema para acomodação do novo conhecimento. Desta forma o professor passa a ser mediador, saindo do ser central do conhecimento, passando ao aluno o papel de ser pensante, desta forma o aluno passa por conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio fazendo com que o aluno perceba que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior, construindo um novo esquema de assimilação e se desenvolvendo cognitivamente (Piaget, 1976). Outro ponto importante é a linguagem que a partir do problema faz com que os alunos socializem seus conhecimentos prévios culturalmente adquiridos ao longo da vida com o professor e com seus colegas, desta forma o estudante interage com problemas, assuntos, informações, valores culturais e sociais dos próprios conteúdos do currículo escolar, esses conceitos de interação social mediada pela exposição de conceitos sociais e culturalmente construídos são características da teoria de Vygotsky.

## **6. Momentos da aula:**

### **6.1. Introdução/Incentivação:**

Nesta atividade, vamos estudar como a cor de um objeto pode influir no fenômeno da radiação. Para isso vamos realizar algumas perguntas:

- Como ocorre a radiação térmica?
- Qual a relação da radiação térmica com as cores?
- Como percebemos as cores?
- Tem relação (a radiação térmica e as cores) com a faixa de frequência?
- Mostrar imagem com as cores e relacionar a frequência. (Anexo 1)
- Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê?
- Ouviram falar em corpo negro?
- Realização de experimento pelos alunos.

### **6.2. Desenvolvimento:**

Execução do experimento em sala (em anexo), observação do fenômeno de radiação térmica, relação com a cor de um objeto e registro em uma folha, com base no roteiro e orientações do professor de forma mediadora da aula.

## **7. Avaliação:**

De forma qualitativa, por meio das observações da interação entre os integrantes da equipe, entre as equipes e entre equipe e professor. De forma quantitativa, por meio

dos RA entregues ao final da aula.

**A3.**Trabalhos práticos: 100 pontos.

**A5.**Avaliação oral contínua: 100 pontos.

**8. Recursos físicos:** Giz, lousa e todos os materiais elaborados para os experimentos.

### **9. Bibliografia (consultada):**

HALLIDAY, D.; RESNICK; R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 1997.Rio de Janeiro: Editora LTC.

Martini, Gloria; Spinelli, Walter; Reis, Hugo Carneiro; Snt'anna, Blaidi. **Conexões com a Física 2.** São Paulo – Editora Moderna, 2014.

Moreira, Marco A.**Teoria da aprendizagem.** São Paulo: Ed. E.P.U.(editora pedagógica e universitária), 1999. 195p. ISBN 851232140.

Moreira, Marco A.; Massori, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física.** Instituto da física – UFRGS, 2016

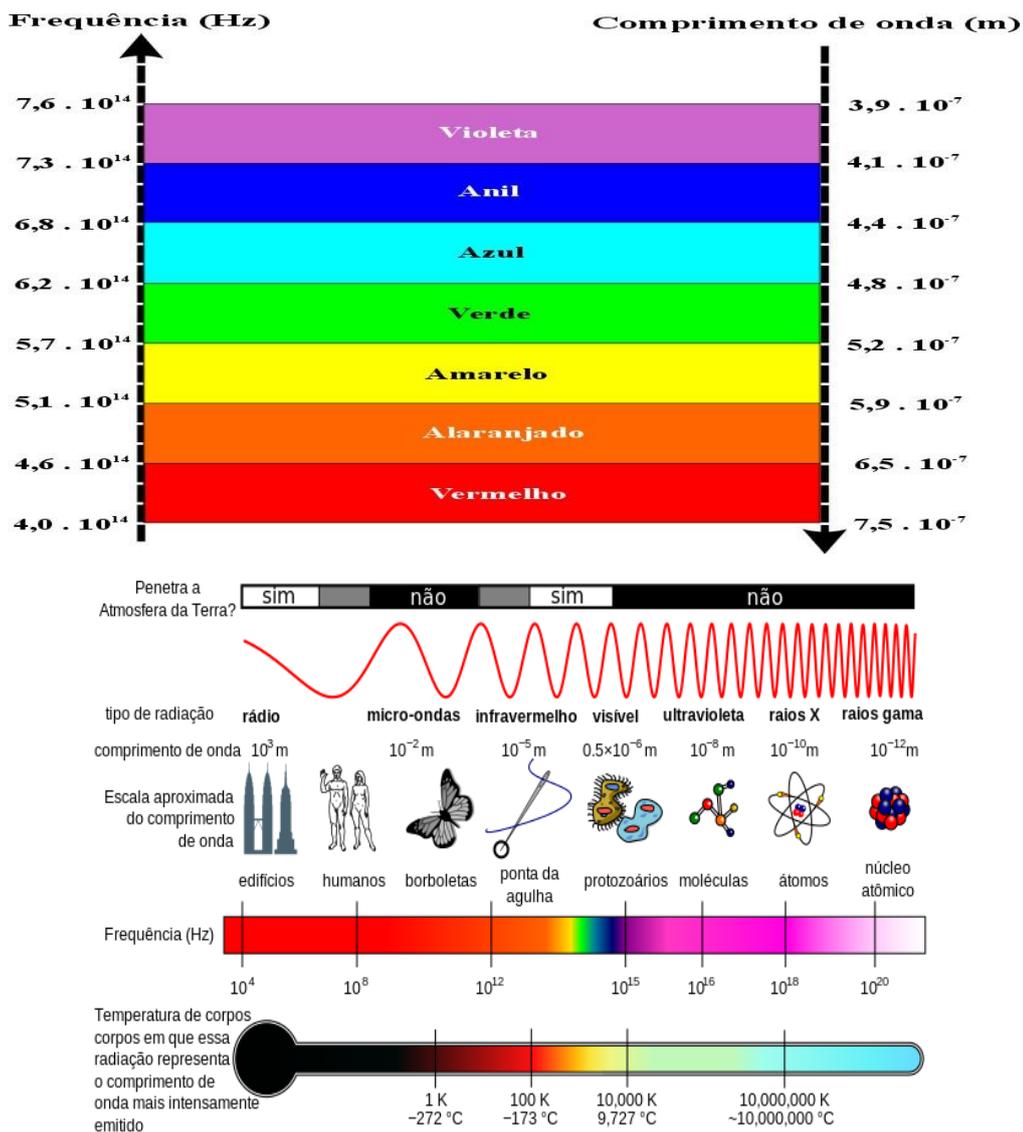
Sites na internet.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016747.PDF>

<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-calorimetria---radiacao.htm>

## **10. Complemento**

### **Anexo 1**



[https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_eletromagn%C3%A9tico](https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico) (acesso em 03/12/2017)

## Anexo 2

Em dupla realizar o experimento:

Experiência: **Radiação Térmica e Cor de um Objeto**

### Procedimento:

- 1º) Descreva os materiais do experimento.
- 2º) Pegar uma lata com a cor de sua preferência.
- 3º) Coloque 250 ml de água dentro da lata.
- 4º) Ajuste o termômetro no orifício da lata e anote a temperatura inicial.
- 5º) Leve o conjunto e coloque próximo a lâmpada.
- 6º) Se precisar solicite orientação do professor.
- 7º) Faça movimentos de rotação com a lata para melhor exposição do calor da

lâmpada e absorção do calor pela água.

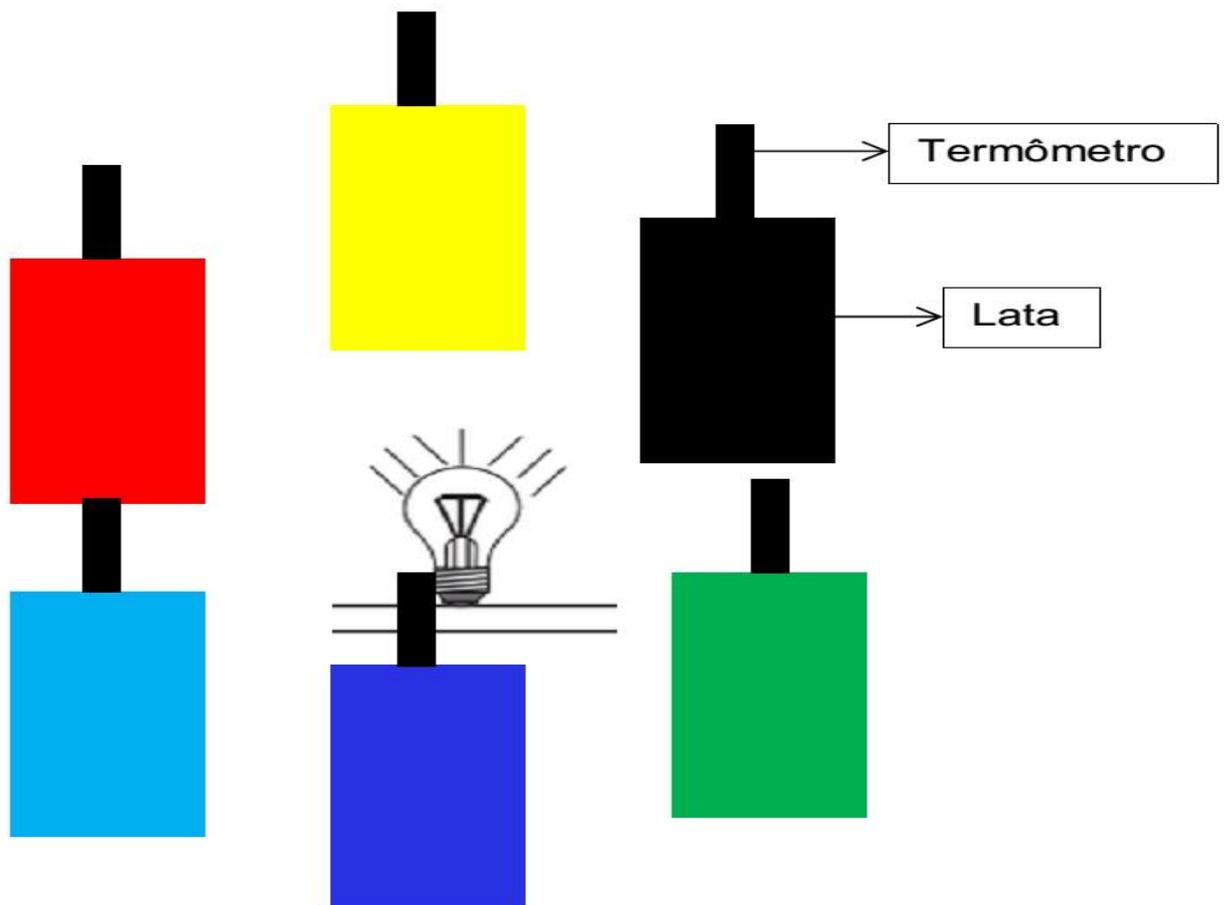
8º) Anote a distância que a lata se encontra em relação a fonte de calor, a potência da lâmpada, o tempo de exposição e a temperatura final.

9º) Observe o que ocorre e anote no caderno.

10º) Discussão dos resultados com a turma com algumas perguntas:

- Por que corpos de cores diferentes absorvem energia térmica em quantidades diferentes?
- Quais poderiam ser as aplicações tecnológicas desse fenômeno (aquecedores solares, tubulações, roupas, etc.)?
- Por que é melhor usarmos roupas claras em dias de sol forte e calor?

11º) Organização do conhecimento no caderno.



## PLANO DE AULA 4

### 1. Identificação

Escola/colégio: E.E.B. Almirante Barroso

Curso: Energia e suas transformações

Disciplina: Física

Professor: Vilson Finta

Série/ano letivo: 2<sup>a</sup>1, 2<sup>o</sup> Semestre/2017

Carga horária (disciplina): 2 h/a

Carga horária (aula): 45 min.

## **2. Assunto: Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol**

### **3. Competências e habilidades:**

**3.1** Relacionar o fluxo na superfície de um corpo negro com a temperatura do corpo, pela Lei de Stefan-Boltzmann.

**3.2** Ser capaz de medir a temperatura do sol a partir dos dados obtidos no experimento.

### **4. Objetivos gerais:**

Responder a pergunta desta TLS, como calcular a Temperatura do Sol?

#### **4.1. Objetivos específicos:**

**4.1.1** Perceber os conceitos físicos já estudados e manipulá-los.

**4.1.2** Medir a energia irradiada pelo Sol por unidade de tempo, ou seja, a potência irradiada.

**4.1.3** Calcular a temperatura aproximada do sol.

### **5. Referencial teórico:**

O professor a fim de estimular os alunos aos conteúdos do currículo das ciências propõe problemas cotidianos, fazendo com que o aluno raciocine e construa um novo esquema para acomodação do novo conhecimento. Desta forma o professor passa a ser mediador, saindo do ser central do conhecimento, passado ao aluno o papel de ser pensante, desta forma o aluno passa por conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio fazendo com que o aluno perceba que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior, construindo um novo esquema de assimilação e se desenvolvendo cognitivamente (Piaget, 1976). Outro

ponto importante é a linguagem que a partir do problema faz com que os alunos socializem seus conhecimentos prévios culturalmente adquiridos ao longo da vida com o professor e com seus colegas, desta forma o estudante interage com problemas, assuntos, informações, valores culturais e sociais dos próprios conteúdo do currículo escolar, esses conceitos de interação social mediada pela exposição de conceitos sociais e culturalmente construídos são características da teoria de Vygotsky.

## **6. Momentos da aula:**

### **6.1. Introdução/Incentivação:**

Nesta atividade, vamos estudar radiação de corpo negro e sua relação com a temperatura. Para isso vamos usar um corpo que se aproxima a corpo negro, o nosso sol e calcular sua temperatura.

- Como calcular a temperatura do sol daqui da Terra?

- Vimos nas aulas anteriores conceitos de física moderna e conceitos de termodinâmica, como relacioná-los com a temperatura do sol?

### **6.2. Desenvolvimento:**

Execução do experimento (em anexo) no pátio da escola, onde o aluno deve seguir roteiro e orientações do professor no desenvolvimento da atividade.

## **7. Avaliação:**

De forma qualitativa, por meio das observações da interação entre os integrantes da equipe, entre as equipes e entre equipe e professor. De forma quantitativa, por meio dos RA entregues ao final da aula.

**A3.** Trabalhos práticos: 100 pontos.

**A5.** Avaliação oral contínua: 100 pontos.

**8. Recursos físicos:** Giz, lousa e todos os materiais elaborados para os experimentos.

## **9. Bibliografia (consultada):**

HALLIDAY, D.; RESNICK; R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 1997. Rio de Janeiro: Editora LTC.

Martini, Gloria; Spinelli, Walter; Reis, Hugo Carneiro; Snt'anna, Blaidi. **Conexões com a Física 2**. São Paulo – Editora Moderna, 2014.

Moreira, Marco A. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Ed. E.P.U.(editora pedagógica e universitária), 1999. 195p. ISBN 851232140.

Moreira, Marco A.; Massori, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Instituto da física – UFRGS, 2016

Sites na internet.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016747.PDF>

<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-calorimetria---radiacao.htm>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel\\_solar\\_fotovoltaiico](https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel_solar_fotovoltaiico)

<https://pt.slideshare.net/Pibid/radio-de-corpo-negro>

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0090-1.pdf>

## 10. Anexo

Em quintetos realizar o experimento:

Experiência: **Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol**

**Procedimento:**

1º) Descreva os materiais do experimento.

2º) Pegar uma lata de cor preta, um termômetro, um cronômetro e colocar 250 ml de água na lata.

3º) Anote a temperatura inicial do conjunto, posicione a lata ao sol de maneira que projete a maior sombra, formando um retângulo.

4º) Permaneça com a lata no Sol durante 3 a 10 minutos (a critério do aluno). Durante a exposição agite a lata para tornar mais homogênea à temperatura da água.

5º) Após anote o tempo e a temperatura final do sistema.

7º) A quantidade de calor,  $Q = m C_{\text{água}} \Delta T$  recebida pela água durante o tempo de exposição no Sol, considerando  $C_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ . Não será considerado o calor recebido pela lata porque a massa da lata é pequena em relação à massa de água e

o calor específico da lata também pequeno em relação com o da água.

8º) Determine a potência da radiação solar ( $E_{total}$ ) equivalente recebida por segundo,

$P = E_{total} / \Delta t$ , considerando que  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ .

9º) A energia da radiação recebida pela água por segundo e por unidade de área,  $Q_{sol} = (P/A)$ . Onde A é a área da sombra da lata.

10º) A área da esfera que a energia irradiada pelo Sol atravessa:  $A_{total} = 4\pi R^2$ , onde R é a distância Terra-Sol. Onde:  $R = 150\,000\,000 \text{ km} = 1,5 \times 10^{13} \text{ cm}$ .

11º) A energia total ( $E_{total}$ ) ou potência total irradiada pelo Sol por segundo, isto é, a potência do Sol e o tempo será dada pela equação  $P_{total} = Q_{sol} \cdot A_{terrasol}$

12º) Pela Lei de Stefan-Boltzmann  $P_{total} = A \cdot \sigma \cdot T^4$  radiação de Corpo Negro.

Onde:

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann (com valor de  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$r_{sol} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$

13º) Comparação dos resultados com valor de referência  $P_{total} \text{ referência} = 3,92 \times 10^{26} \text{ W}$  e  $T_{sol} = 5\,727 \text{ K} = 6\,000^\circ\text{C}$ .

14º) Organização do conhecimento no caderno.

## PLANO DE AULA 5

### 1. Identificação

Escola/colégio: E.E.B. Almirante Barroso

Curso: Energia e suas transformações

Disciplina: Física

Professor: Vilson Finta

Série/ano letivo: 2ª1, 2º Semestre/2017

Carga horária (disciplina): 2 h/a

Carga horária (aula): 45 min.

### 2. Assunto: Painel Solar, Corpo negro e Energia Elétrica.

### 3. Competências e habilidades:

3.1 Compreender o conceito de radiação térmica de corpo negro e suas aplicações,

relacionando corpo negro, painel solar e energia.

**3.2** Relacionar a transformação da radiação térmica em tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica.

#### **4. Objetivos gerais:**

Compreender as implicações tecnológicas que relacionam o Sol e a Terra.

##### **4.1. Objetivos específicos:**

**4.1.1** Observar o fenômeno físico de corpo negro e sua relação com painel solar.

**4.1.2** Entender conceitos de corpo negro, tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica.

**4.1.3** Explicar a relação de radiação térmica, corpo negro e área de exposição.

#### **5. Referencial teórico:**

O professor a fim de estimular os alunos aos conteúdos do currículo das ciências propõe problemas cotidianos, fazendo com que o aluno raciocine e construa um novo esquema para acomodação do novo conhecimento. Desta forma o professor passa a ser mediador, saindo do ser central do conhecimento, passado ao aluno o papel de ser pensante, desta forma o aluno passa por conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio fazendo com que o aluno perceba que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior, construindo um novo esquema de assimilação e se desenvolvendo cognitivamente (Piaget, 1976). Outro ponto importante é a linguagem que a partir do problema faz com que os alunos socializem seus conhecimentos prévios culturalmente adquiridos ao longo da vida com o professor e com seus colegas, desta forma o estudante interage com problemas, assuntos, informações, valores culturais e sociais dos próprios conteúdo do currículo escolar, esses conceitos de interação social mediada pela exposição de conceitos sociais e culturalmente construídos são características da teoria de Vygotsky.

#### **6. Momentos da aula:**

##### **6.1. Introdução/Incentivação:**

Nesta atividade, vamos estudar corpo negro, painel solar e energia elétrica.

- O que é radiação eletromagnética?

- Vimos na aula anterior à absorção de calor em relação à cor de um objeto, agora vamos estudar somente o corpo negro, então, o que é um corpo negro?
- Qual parte da física que estuda corpo negro?
- Como pode ser útil em nossas vidas?
- O que é um painel solar?
- Como funciona o painel solar?
- O tamanho, a área de um painel solar influenciam em seu funcionamento?
- Se o painel solar converte a radiação térmica em energia elétrica, o que mais podemos estudar em relação a isso?

### **6.2. Desenvolvimento:**

Execução do experimento (em anexo) em sala, observação do que ocorre quando expomos um pequeno painel solar à radiação da luz, usando o multímetro e um circuito elétrico simples, fazer algumas medidas de corrente elétrica, tensão e resistência elétrica, registro em uma folha, com base no roteiro e orientações do professor de forma mediadora da aula.

### **7. Avaliação:**

De forma qualitativa, por meio das observações da interação entre os integrantes da equipe, entre as equipes e entre equipe e professor. De forma quantitativa, por meio dos RA entregues ao final da aula.

**A3.** Trabalhos práticos: 100 pontos.

**A5.** Avaliação oral contínua: 100 pontos.

**8. Recursos físicos:** Giz, lousa e todos os materiais elaborados para os experimentos.

### **9. Bibliografia (consultada):**

HALLIDAY, D.; RESNICK; R. WALKER, J. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica.** 1997. Rio de Janeiro: Editora LTC.

Martini, Gloria; Spinelli, Walter; Reis, Hugo Carneiro; Snt'anna, Blaidi. **Conexões com a Física 2.** São Paulo – Editora Moderna, 2014.

Moreira, Marco A. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Ed. E.P.U. (editora pedagógica e universitária), 1999. 195p. ISBN 851232140.

Moreira, Marco A.; Massori, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Instituto da física – UFRGS, 2016

Sites na internet.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000016747.PDF>

<https://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-calorimetria---radiacao.htm>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel\\_solar\\_fotovoltaiico](https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel_solar_fotovoltaiico)

<https://pt.slideshare.net/Pibid/radio-de-corpo-negro>

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0090-1.pdf>

## 10. Anexo

Em quintetos realizar o experimento:

Experiência: **Painel Solar, Corpo negro e Energia Elétrica.**

### **Procedimento:**

1º) Descreva os materiais do experimento.

2º) Pegar uma lâmpada e colocar no suporte. (incandescente, fluorescente ou led)

3º) Pegar o painel solar e multímetro, tampar 2/3 do painel solar e colocar abaixo da lâmpada, anotar o que acontece no multímetro, em seguida fazer o procedimento com 1/3 tampado e após totalmente livre, sempre anotando o que acontece no multímetro.

4º) Pegar o circuito led e resistor, conectar em série e em paralelo com o multímetro e ver o que ocorre.

5º) Após fazer estes procedimentos discutam as informações no grupo.

- Qual a função da lâmpada?
- Qual a função do painel solar?
- Qual a função do multímetro?
- Qual a função do circuito elétrico?

7º) Discussão dos resultados com a turma.

- Verifiquem se os resultados foram os mesmos.
- Porque os resultados foram diferentes?
- Quais os conceitos físicos abordados no experimento?
- Como eles foram abordados?

9º) Organização do conhecimento no caderno.

## **APÊNDICE B – PRODUTO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**VILSON FINTA**

**COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL?  
INSERINDO CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

**PONTA GROSSA  
2020**

**VILSON FINTA**

**COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL?  
INSERINDO CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Sérgio M. de Castro

**PONTA GROSSA  
2020**

## SUMÁRIO

<b>1 CONTEXTUALIZANDO O PROBLEMA.....</b>	<b>145</b>
<b>2 TERMODINÂMICA E TEMPERATURA.....</b>	<b>146</b>
<b>3 A TEMPERATURA E A LEI ZERO DA TERMODINÂMICA.....</b>	<b>147</b>
<b>4 A TEMPERATURA ABSOLUTA.....</b>	<b>150</b>
<b>5 TEOREMA DA EQUIPARTIÇÃO .....</b>	<b>152</b>
<b>6 MUDANDO A TEMPERATURA.....</b>	<b>154</b>
<b>7 A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA .....</b>	<b>155</b>
<b>8 AS TRANSFERÊNCIAS DE CALOR .....</b>	<b>156</b>
<b>9 PROPRIEDADES TÉRMICAS, CONDUTIVIDADE E CAPACIDADE     TÉRMICA .....</b>	<b>159</b>
<b>10 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....</b>	<b>161</b>
<b>11A FÍSICA MODERNA.....</b>	<b>165</b>
<b>12 CORPO NEGRO .....</b>	<b>165</b>
<b>13 LEI DE STEFAN – BOLTZMANN .....</b>	<b>168</b>
<b>14 CARATERÍSTICAS DO SOL.....</b>	<b>170</b>
<b>15 SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM (SEA).....</b>	<b>174</b>
PARTE 1: Motivando os alunos.....	175
PARTE 2: Aprendendo sobre Temperatura e Propriedades Térmicas.....	176
PARTE 3: Aprendendo como ocorre a transferência de calor.....	179
PARTE 4: Entendendo o que é Radiação Térmica e Cor de um Objeto. ....	182
PARTE 5: Calculando a Temperatura do Sol. ....	184
PARTE 6 : Explorando o Conhecimento .....	187
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>189</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>193</b>
<b>APÊNDICE: Orientações da TLS.....</b>	<b>198</b>

## LISTA DE FIGURAS PRODUTO

<b>Figura 01:</b> Mapa conceitual.....	147
<b>Figura 02:</b> Pressão obtida para diferentes tipos de gases. O gráfico mostra que a Pressão é uma função linear da temperatura e que o prolongamento da reta corta o eixo da temperatura em -273,15 Celsius quando $P=0$ .....	151
<b>Figura 03:</b> Esquema mostrando as possibilidades de movimentos das moléculas.....	153
<b>Figura 04:</b> Esquema da agitação das moléculas, mostrando o fluxo de calor e a propagação de calor por condução.....	157
<b>Figura 05:</b> Esquema de como ocorre a convecção de um fluido em uma chaleira em aquecimento.....	158
<b>Figura 06:</b> Modelo de Onda Eletromagnética, mostrando o comportamento do campo elétrico e do campo magnético, a partir da teoria de Maxwell.....	162
<b>Figura 07:</b> Diagrama de uma onda eletromagnética, mostrando a decomposição da luz visível a nossos olhos, o comprimento de onda em relação a cores a faixa que vai dos raios gama as ondas de rádio.....	163
<b>Figura 08:</b> A imagem mostra que o espectro da luz do Sol é formado pela mistura de todas as cores do arco-íris, representado por um corpo negro a temperatura de 5525 kelvins.....	164
<b>Figura 09:</b> A figura mostra o que ocorre em um Corpo Negro ideal em sua absorção a esquerda e a emissão a direita. Toda a radiação incidente é absorvida, a radiação emitida ocorre apenas com aquelas geradas devido a temperatura do Corpo.....	166
<b>Figura 10:</b> Gráfico da Lei de Wien, mostra a variação do comprimento de onda máximo com a temperatura, comparado com o comprimento de onda do espectro de radiação, destacando a faixa do visível.....	167
<b>Figura 11:</b> Estrelas de diferentes temperaturas emitem espectros de radiação diferentes. Maior comprimento de onda máximo (wavelength) menor será a temperatura e a energia da radiação. Na parte de baixo a cores visíveis das estrelas observadas.....	169
<b>Figura 12:</b> Gráfico mostrando a sequência principal das estrelas e algumas estrelas conhecidas.....	172

<b>Figura 13:</b> Sequência de nosso Sol, mostrando do nascimento até sua morte em cada uma das fases de sua evolução.....	173
<b>Figura 14:</b> Experimento exemplificando calor específico dentro dos balões havia substâncias diferentes. As velas aquecem os balões, aquele cuja substância tem maior calor específico estourará mais tarde.....	177
<b>Figura 15:</b> A imagem a esquerda mostra como foi feita a lamparina e os recipientes usados no experimento com latas de alumínio, a figura à direita mostra o experimento montado com termômetro analógico.....	178
<b>Figura 16:</b> Montagem do experimento que conceitua Transferência de calor por condução. Haste de materiais diferentes transfere calor mais ou menos dificuldades. Cada material recebe pingos de vela igualmente espaçados que ao aquecerem derretem.....	180
<b>Figura 17:</b> Montagem do experimento Transferência de calor por Convecção. O ar aquecido acima da vela faz a espiral de papel rotacionar.....	180
<b>Figura 18:</b> A imagem mostra como se deve posicionar a mão próximo a vela no experimento Transferência de calor por Irradiação para que não ocorra acidentes.....	181
<b>Figura 19:</b> A imagem mostra a faixa da luz visível, encontrando as seguintes cores: luz vermelha, luz alaranjada, luz amarela, luz verde, luz azul, luz anil e luz violeta, relacionando, Cor, Frequência e Comprimento de Onda.....	182
<b>Figura 20:</b> A imagem mostra a intensidade luminosa medida pelo luxímetro do Sol e da Lâmpada escolhida para o experimento. A lâmpada infravermelha fornece a mesma luminosidade que o sol sobre um objeto próximo a ela. Destacamos que o aquecimento ocorrerá em virtude de todo o espectro de radiação da lâmpada.....	183
<b>Figura 21:</b> Aparato e materiais para o experimento que mostra a absorção da Radiação térmica em função da cor de um objeto.....	184
<b>Figura 22:</b> Montagem do experimento de absorção de calor em um corpo negro para mostra a Lei de Stefan – Boltzmann. A fonte de calor é uma lâmpada de potência conhecida, que é fixada numa distância definida.....	185
<b>Figura 23:</b> Montagem do experimento tendo como fonte de radiação o Sol sobre Lei de Stefan – Boltzmann e Temperatura do Sol. A sombra das latas fornecerá a área atingida pelo fluxo de radiação.....	185

**Figura 24:** Cálculo da temperatura do Sol..... 186

**Figura 25:** A imagem à direita mostra os materiais utilizados no experimento com o suporte que direciona a radiação luminosa, multímetro, painel solar e lâmpadas e a imagem à direita destaca o painel solar e o multímetro..... 188

## 1 CONTEXTUALIZANDO O PROBLEMA

Em termodinâmica o conceito fundamental é a TEMPERATURA. Tão presente no cotidiano e tão fundamental para a estrutura da Física e de outras ciências. Por outro lado, a presença do sol determinando o clima, a sensação térmica, o fornecimento de energia vital para os seres vivos e determinando o comportamento diário das pessoas, o tem colocado em posição de destaque tanto religioso como científico. Questões como sua posição no universo geraram controvérsias na época de Galileu. Muitas questões já foram superadas pelo conhecimento científico, embora o senso comum de visões errôneas ainda persista na ignorância de algumas pessoas. Então, mostrar como a ciência explica questões fundamentais ajuda a desmistificar este senso comum. Como medir distância do sol? Qual a sua influência nas estações do ano? Se sentimos a queimadura dos seus raios, qual a sua temperatura? Como a queimadura dele chega até nós? Qual seu tamanho e sua massa? Estas e outras questões podem servir de contextualização de ensino de ciências. A proposta aqui é contextualizar o estudo da termodinâmica com a questão: Como medir a temperatura do sol?

Tendo esta pergunta como tema central foi elaborada uma sequência de atividades educacionais que levem a construção do conhecimento em termodinâmica e permita a inserção de conceitos de física moderna no ensino médio a partir da evolução do conhecimento sobre as propriedades da matéria.

A Física Moderna a partir de um de seus conceitos fundamentais, o fóton, permitiu o estudo das propriedades térmicas de um “corpo negro”. O fóton como partícula responsável pela interação eletromagnética tem energia proporcional a frequência da onda eletromagnética conhecida classicamente. Essa é uma característica do seu comportamento: a dualidade onda - partícula. O espectro de onda eletromagnética emitido por um corpo incandescente é caracteristicamente

definido pela sua temperatura. Assim, observando o espectro emitido se obtém a temperatura o corpo emissor.

Então a pergunta torna este trabalho relevante e permite que o aluno construa o conhecimento necessário para medir a temperatura do Sol, dessa forma a partir de uma sequência de ensino aprendizagem abordará os conceitos de Temperatura, Propriedades Térmicas, Transferência de Calor, Radiação Térmica, Cor de um Objeto, Corpo negro, Energia Elétrica, Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol. Mostrando o caminho a ser percorrido pelo aluno dentro dos conceitos fundamentais da física clássica até os conceitos da física moderna.

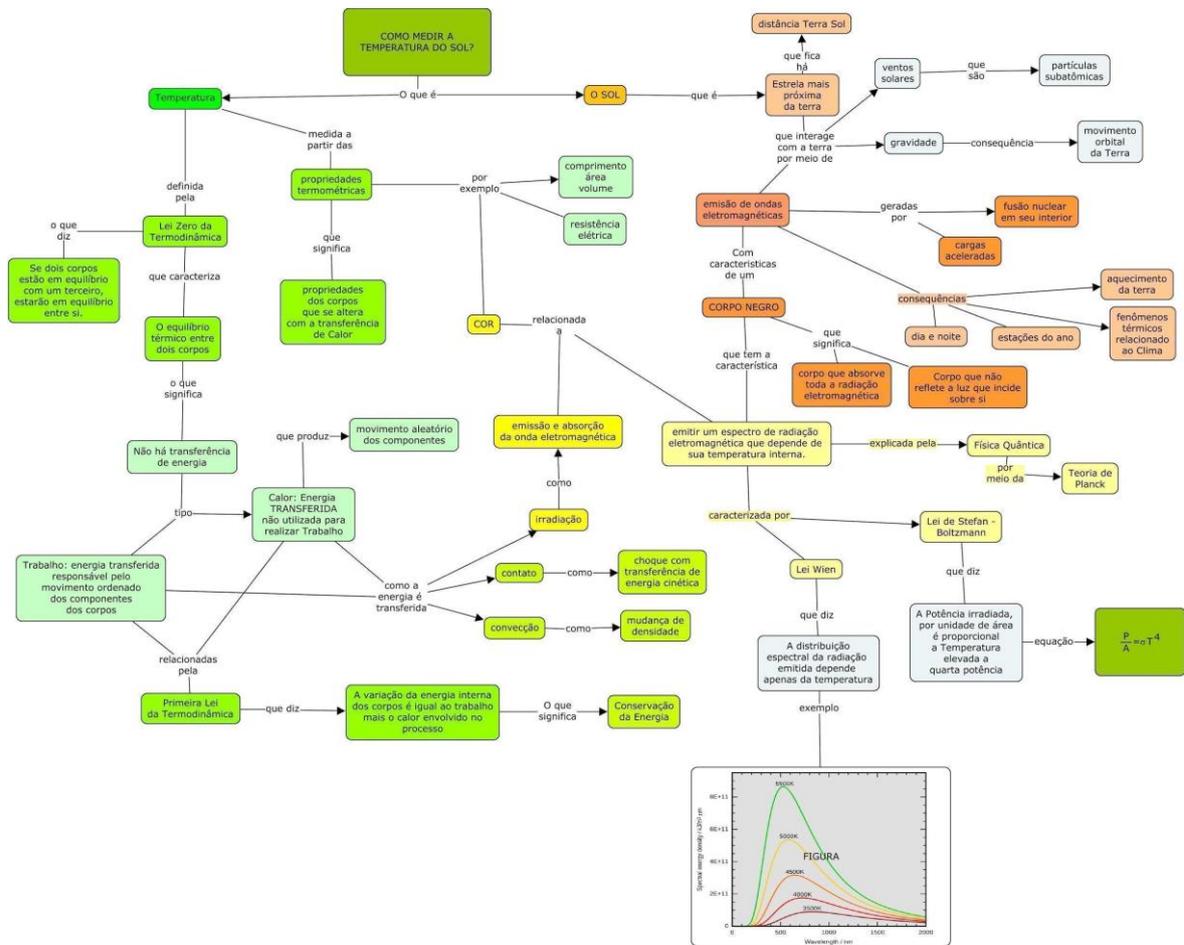
## **2 TERMODINÂMICA E TEMPERATURA**

A Termodinâmica começou como uma teoria macroscópica, que não fazia uso da estrutura microscópica da matéria, pois, foi desenvolvida no século XIX, quando não havia uma comprovação cientificamente estabelecida da existência de átomos e moléculas. Ela estuda os fenômenos que envolvem a transferência de energia, o equilíbrio térmico e comportamento da matéria que levam ou decorrem desses. Assim foram definidos os princípios básicos ou as leis da termodinâmica que são obedecidas pela termodinâmica clássica e a Mecânica Estatística, ou a Mecânica Quântica. São quatro leis empíricas poderosas que são válidas no mundo macro e microscópico, em todo espectro de escalas de medidas. A Primeira Lei foi proposta considerando a conservação da energia; a Segunda Lei surge em consequência da existência de processos espontâneos e as limitações do rendimento das máquinas térmicas, o que gerou a definição do conceito de Entropia; A Lei Zero, que foi definida após a primeira e a segunda, mas considerada anterior hierarquicamente, define uma grandeza para determinar o equilíbrio térmico – a Temperatura; finalmente há ainda a Terceira Lei, conhecida como postulado de Nernst, define a relação entre a temperatura zero absoluto e a Entropia. A terceira não é trabalhada no ensino médio, não tendo aplicação que seja visível no cotidiano dos alunos é pouco estudada na formação dos professores.

Neste trabalho o interesse é no desenvolvimento da lei zero, na evolução da medida de temperatura, do conhecimento das propriedades térmicas dos materiais e da estrutura da matéria. Tudo isto usando como suporte à aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica. Desta forma é necessário estabelecer o conceito de temperatura

e calor, quais as formas de transferência de calor e como a matéria se comporta quando absorve ou libera energia. O estudo, usando a Sequência Didática, evolui até incluir fenômenos que só tiveram explicação com o surgimento do paradigma da Mecânica Quântica. O estudo permitirá no final da Sequência que os estudantes adquiram conhecimento suficiente para responder à pergunta: Como medir a Temperatura do Sol?

Figura 01 – Mapa Conceitual



Fonte: O autor (2018)

### 3 A TEMPERATURA E A LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

A noção do quente ou frio é bastante antiga sendo um precursor do conceito atual de Temperatura. A observação de fenômenos naturais de aquecimento e resfriamento que mudavam as características dos corpos, ou objetos, ajudou a civilização humana a se desenvolver. Não só pela busca de formas de se aquecer nos tempos glaciais como pela busca de materiais para serem transformados em

armas. Na antiguidade já se sabia que materiais muito quentes eram capazes de emitir luz. Isto ajudou muito na determinação do momento exato de trabalhar os minerais nos processos de fundição.

O conceito de temperatura começa a tomar forma quando Galileu Galilei passa a usar o experimento controlado como uma forma de estudar a regularidade das relações entre variáveis possíveis de controlar e medir. Ele cria o termoscópio, um termômetro rudimentar. E logo vieram outras propostas de termômetros como o termômetro a álcool do Duque Ferdinando II, que passou a ser usado na medicina, agricultura e meteorologia (ROONEY, 2013).

Apesar da temperatura dos objetos ser medida desde o século XVIII, seu entendimento ou definição ainda não bem estabelecido teoricamente. O primeiro avanço foi dado por J. C. Maxwell que estabeleceu o que hoje conhecemos como a Lei Zero da termodinâmica. A princípio sua observação não foi reconhecido como um princípio fundamental, apenas como uma observação empírica. Assim, ela só tornou lei após o estabelecimento da primeira e segunda lei, e com os resultados das abordagens estatísticas da termodinâmica.

A Lei Zero da Termodinâmica diz que “se dois sistemas estão em equilíbrio térmico com um terceiro sistema, então eles estão em equilíbrio térmico entre si.” Nesta situação a energia interna dos corpos não muda com o decorrer do tempo. A situação indica que não há processos de transferência de energia, ou quantidade de de energia absorvida é igual a de emissão. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico se diz que eles estão na mesma temperatura. Assim, a temperatura é uma característica do corpo em equilíbrio térmico. Embora, faça sentido definir temperaturas instantâneas, ou mesmo locais, em sistemas que não estão em equilíbrio.

A Termodinâmica caracteriza um sistema em equilíbrio térmico com sua vizinhança, por estar em um estado de mínima energia, indicando que suas propriedades térmicas não mudam com o tempo, e que sua entropia é máxima, não haverá transferência de energia entre sistemas de forma espontânea.

Então, para saber se dois sistemas estão à mesma temperatura, verifica-se se eles estão em equilíbrio térmico, observando-se se suas propriedades térmicas não mudam com o tempo. Por questão prática há a necessidade de verificar se corpos estão à mesma temperatura de outros que não estão perto, assim é interessante termos um instrumento tecnológico (derivado do conhecimento científico) calibrado

para informar quando o corpo está em equilíbrio para definir um valor para sua temperatura. Esse equipamento que pode ser simples se chama termômetro.

O Termômetro se tornou um instrumento importante contribuindo para a evolução da ciência e da tecnologia, se tornando fundamental no dia a dia das pessoas principalmente com o seu uso em casos relacionados a doença e ao clima. Sua utilização historicamente data de épocas bastante anterior a definição da lei zero como um princípio da termodinâmica (ROCHA et al, 2002). Este instrumento é calibrado de acordo com uma propriedade universal, que seja, invariante ao local e independente da forma de observar e do observador.

O Termômetro tem um papel importante na medida de temperatura sendo indispensáveis na medicina, em estudos em geral ou em pesquisas científicas onde o resultado da medida tem importância primordial destes aparelhos, pois, um erro nesta medida poderá causar danos ao que se está medindo muitas vezes irreparáveis. Este instrumento muitas vezes é utilizado pelas pessoas em casa, seja pela medida corporal de uma criança, onde só a sensação térmica não é recomendada, ou a temperatura ideal para se tomar um chimarrão ou ainda o uso de um forno elétrico para se assar um pão.

Os termômetros medem a temperatura que é uma característica do corpo e não uma simples sensação de quente e frio, por este motivo o que se mede com um termômetro nada mais é que a movimentação das partículas, que destacamos mais à frente.

Então, a necessidade de se ter um instrumento que indique a temperatura é óbvia. Os pesquisadores identificaram que o ser humano tem uma temperatura de equilíbrio para funcionar que independe da temperatura do ambiente. Então, qual é essa temperatura? É preciso fazer uma medição usando um equipamento, um termômetro, que possa ser usado em qualquer lugar por qualquer pessoa. Então, o que precisamos conhecer para fazer um termômetro? Para o ensino de física saber a resposta a essa pergunta é mais importante que treinar cálculo de transformação de escalas.

Para construir um termômetro precisamos observar uma propriedade do sistema que varie com a temperatura. Precisamos saber como essa propriedade varia. Em geral, os termômetros analíticos usam a dilatação de sólidos, gases ou líquidos. Além disso, se escolhe um material que se dilata linearmente quando a

temperatura varia no intervalo que se deseja medir. É mais fácil de definir a escala. Que, por sua vez, é definida a partir de dois pontos fixos dados como padrões.

Muitas são as escalas termométricas desenvolvidas ao longo da história. Na sequência falaremos sobre as mais importantes nos dias atuais.

A escala Celsius usou inicialmente a temperatura dos pontos de fusão e de ebulição da água. Definindo um intervalo de 100 divisões entre eles. Depois se observou que dependiam da pressão local. Passou-se a usar o ponto triplo da água, mas mantendo os 100 Celsius aproximadamente na temperatura de ebulição da água ao nível do mar.

Geralmente é usado o ponto triplo da água (escala Celsius), ou o estado de menor energia absoluta dos materiais ou entropia nula (Escala Kelvin). O zero da escala Kelvin corresponde ao estado de energia cinética nula.

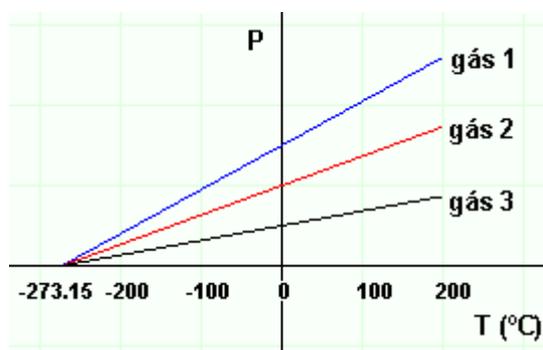
Na escala Fahrenheit foi usado inicialmente uma mistura refrigerante e o corpo humano. Para a divisão dos intervalos ficou determinado o intervalo em 180 partes iguais. Note que ela não é considerada uma escala centígrada como a escala Celsius por esta divisão entre o intervalo de fusão e ebulição da água.

As escalas termométricas tem uma relação matemática que estabelece os valores que se equivalem entre elas, mas, um cuidado devemos ter ao se ensinar escalas como um simples exercício matemático para não se perder a importância do termômetro como o terceiro corpo incluindo na Lei Zero e as referências definições que levam a construção da escala.

#### **4 A TEMPERATURA ABSOLUTA**

As medidas de temperatura conduziram a propostas de escalas que pressupunha a existência de temperaturas negativas. Assim, surge a questão: quão frio um corpo pode estar? Qual a menor temperatura possível? Os primeiros trabalhos são atribuídos a Guillaume de Amontons. Com seu termômetro a ar, ele investigou a relação entre pressão e temperatura e obteve  $-240\text{ C}$  para o zero absoluto. Seu trabalho foi ponto de partida para J. Gay - Lussac estudar os gases e propor uma das leis dos gases e obter  $-273\text{ C}$  para a temperatura absoluta. Com o experimento do termômetro a gás a volume constante é possível obter que a Pressão do gás é uma função linear da temperatura. Extrapolando o resultado obtêm-se a temperatura quando a pressão é zero (figura 02).

Figura 02: Pressão obtida para diferentes tipos de gases. O gráfico mostra que a Pressão é uma função linear da temperatura e que o prolongamento da reta corta o eixo da temperatura em  $-273,15$  Celsius quando  $P=0$ .



Fonte: RUDOLF (2017)

Kelvin analisou os diversos termômetros existentes na sua época. Ele observou que os termômetros a gás, principalmente ar e vapor de água, apresentavam o valor da unidade termométrica muito parecida. Mas, ele critica por que a unidade da escala depender da substância termométrica. “Existe algum princípio no qual uma escala termométrica absoluta pode ser fundamentada?”. Baseado nos estudos sobre máquinas térmicas de Carnot ele afirma que sim. Segundo Carnot a máquina térmica mais eficiente é aquela que funciona reversivelmente num processo quase estático. Seu rendimento só depende da temperatura da fonte quente e fonte fria. A razão entre as temperaturas está relacionada a razão entre as quantidades de calor envolvidas no processo, que podem ser medidas. Então, Kelvin propõe:

A propriedade característica da escala que eu proponho agora é que todos os graus tenham o mesmo valor; isto é, que a unidade de calor que desce de um corpo A, a temperatura T dessa escala, para um corpo B, à temperatura  $(T-1)$ , deveria produzir o mesmo efeito mecânico, qualquer que seja o número T. Isso pode justamente ser denominado de escala absoluta, visto que sua característica é inteiramente independente das propriedades físicas de qualquer substância específica. (KELVIN, 1882, p. 100)

Ele propõe ainda que a temperatura de frio infinito seria o  $T=0$ , zero absoluto. Ele conclui que essa temperatura equivale a  $-273$  C.

Apenas em 1954 a escala Kelvin passou a ter a definição que conhecemos atualmente. Uma resolução da X Conferência Geral de Pesos e Medidas definiu o segundo ponto fixo da escala como sendo o ponto triplo da água igual a  $273,16$  Kelvin.

Ainda do estudo da temperatura zero absoluto surgiu a terceira lei da termodinâmica: “A entropia  $S$  de um sistema tem a propriedade limite que quando a temperatura tende ao zero absoluto a entropia tende a uma constante cujo valor é zero”.

Na abordagem da Física Estatística se define um parâmetro  $T$ , cujo inverso é a variação da Entropia em função da variação da energia,

$$\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E}$$

Esse parâmetro  $T$ , chamado de Temperatura Termodinâmica por que caracteriza o estado de equilíbrio e obedece segue a lei zero.

Usando a definição de Boltzmann para a entropia  $S \equiv k \ln \Omega$ , onde  $\Omega$  é o número de estados acessíveis ao sistema, a temperatura pode estar relacionada a variação dos estados acessíveis quando há variação da energia.

$$\frac{1}{kT} = \frac{\partial \ln \Omega}{\partial E}$$

Nesta abordagem é possível obter Temperaturas absolutas negativas, que ocorrem por exemplo em sistemas paramagnéticos. Embora, isto não signifique um corpo mais frio que o zero absoluto. Assim, vemos a complexidade do conceito de temperatura na atualidade.

## 5 TEOREMA DA EQUIPARTIÇÃO

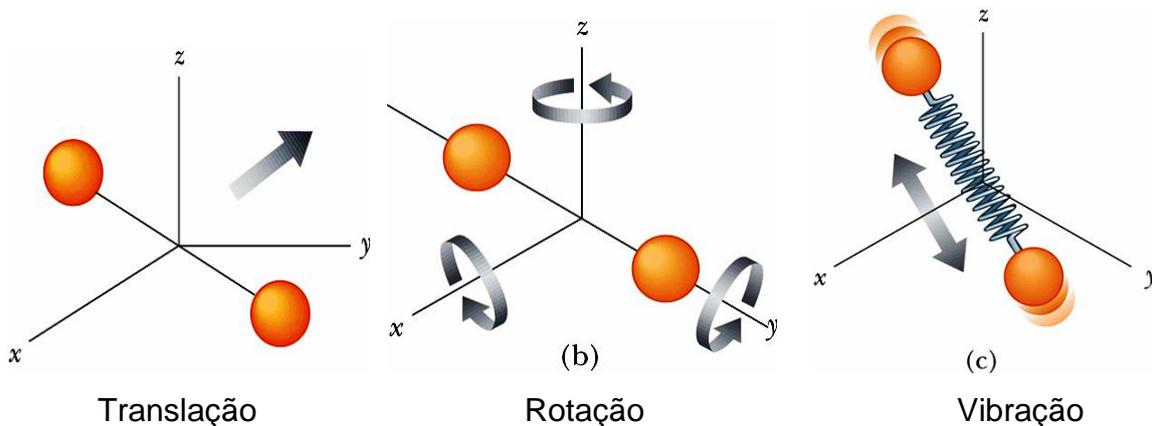
A Temperatura é uma propriedade do corpo em equilíbrio. Assim, está relacionada a energia de seus componentes no estado de equilíbrio. Essa Energia Interna depende das energias relacionadas à ação das forças fundamentais, energia potencial, e as possibilidades de movimento dos componentes, a energia cinética. Uma abordagem estatística da mecânica aplicada aos componentes de um sistema, ou corpo, mostram que para cada grau de liberdade de movimento, a energia de cada componente é proporcional a temperatura absoluta do sistema. Assim, quando se mede a temperatura de um corpo não estamos medindo a energia, energia relacionada a movimentação do sistema, ou do corpo.

As partículas de um corpo ou sistema estão em constante movimento, elas estão separadas por grandes espaços vazios comparados com suas dimensões e esse movimento das partículas ocorre aleatoriamente em todas as direções e

sentidos. Para a teoria da Termodinâmica os fenômenos macroscópicos e a Termodinâmica estatística dos fenômenos microscópicos em sua estrutura atômica, os átomos eram esféricos e interagem por colisões elásticas num dado sistema. A energia interna desse sistema foi interpretada como a média de energia cinética translacional dos seus átomos, marcando o início da Termodinâmica estatística. Maxwell pegando os trabalhos de Clausius introduziu o Teorema de Equipartição de energia onde o sistema teria um segundo modo que contribui com a energia interna, a energia cinética associada a rotação das moléculas. Para Maxwell, além das moléculas translacionar, elas rotacionam, então, cada molécula do gás possuiria seis graus de liberdade, três translacionais e três rotacionais, onde, a energia de um sistema em equilíbrio térmico está igualmente dividida entre todos os graus de liberdade. Grau de liberdade é as várias maneiras que uma molécula pode ter energia, dessa forma a hipótese de Maxwell foi de que cada grau de liberdade compartilhava a mesma quantidade média de energia e essa é a essência do teorema de equipartição (POLITO, 2016).

O Teorema diz que cada grau de liberdade contribui com uma quantidade de energia igual a  $KT/2$ , isso significa que a energia interna do sistema é a soma das energias médias associadas aos vários graus de liberdade das suas partículas constitutivas. A figura 03 mostra a translação, a rotação, e a vibração, dessas partículas, dependendo apenas da temperatura.

Figura 03: Esquema mostrando as possibilidades de movimento das moléculas



Fonte: BARBOSA (2017)

Os gases ideais as moléculas têm três graus de liberdade, já que sua movimentação ocorre nas direções X, Y e Z. No caso de um sistema monoatômico

como o hélio e o argônio por exemplo o Teorema de Equipartição Ocorre somente translações, logo sua energia interna será dada pela equação:

$$U = 3 \cdot \frac{1}{2} NKT = \frac{3}{2} nKT$$

Já para um sistema com gás diatômico como por exemplo o nitrogênio, o oxigênio e o hidrogênio ocorrem translações e rotações, logo a energia interna do gás será dada pela equação:

$$U = (3 + 2) \cdot \frac{1}{2} NKT = \frac{5}{2} nKT$$

E para um sistema com gás diatômico onde ocorre translações, rotações e vibrações, a energia interna será dada pela equação:

$$U = (3 + 2 + 2) \cdot \frac{1}{2} NKT = \frac{7}{2} nKT$$

Essas equações mostram que a energia interna de um dado sistema é proporcional a temperatura. Se o sistema se expandir como no exemplo o uso do aerossol, ao mantê-lo pressionado por algum tempo, notamos o resfriamento da lata uma diminuição de sua temperatura ele se resfria e realiza trabalho sobre a vizinhança devido a energia interna do sistema e, quando o sistema é aquecido sua energia interna aumenta pelo calor que entra no sistema, aumentando sua energia interna e conseqüentemente sua temperatura e quando o sistema é comprimido sua energia interna aumenta, como por exemplo ao encher uma bola fazendo movimentos rápidos na bomba, notamos o aquecimento da mesma. Isto acontece porque o ar, uma vez comprimido rapidamente, eleva sua temperatura. Como o processo é rápido, não há tempo para troca de calor com o meio externo pois, energia em forma de trabalho é injetada para dentro do sistema.

## 6 MUDANDO A TEMPERATURA

A variação de temperatura dos corpos significa mudança na energia interna dos corpos. Ou seja, quando ocorre absorção e emissão de energia pelo corpo, ou objeto. Assim, precisamos entender como isto ocorre obedecendo ao um princípio fundamental da física que diz que há conservação da energia envolvida no processo. Assim, é fundamental entendermos o que diz a Primeira Lei da Termodinâmica que é decorrente da conservação da energia. Ela diz que nos processos a variação da

energia interna ocorre devido à transferência de energia na forma de calor mais aquela transferida na forma de trabalho.

O trabalho está relacionado ao esforço do sistema, quando ele perde energia, ou sobre o sistema, quando então ele ganha energia, para superar, ou exercer, uma força sobre ele. Por sua vez, o Calor é a energia transferida diferente do trabalho que ocorre pela interação entre os corpos. Essa forma de interação ocorre pelo contato físico ou por absorção de radiação. A absorção de calor, ou emissão, não provocará movimento ordenado das partículas, ou moléculas do corpo, objeto ou sistema. Quando o Calor envolve apenas movimento ordenado, envolverá apenas trabalho, não alterando a energia interna, ou a temperatura do corpo.

## 7 A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

A forma matemática da primeira lei é

$$dU = \delta Q - \delta W$$

onde  $\delta Q$  e  $\delta W$  significa que o cálculo da transferência de calor e da realização de trabalho depende do processo termodinâmico. Enquanto que a  $dU$  variação da energia interna é independente do processo. Essa energia é uma variável que caracteriza o estado do sistema.

No ensino médio a definição é

$$\Delta U = Q - W$$

a definição usando soma ou subtração varia conforme a definição de sinais para o trabalho realizado sobre ou pelo sistema. Neste caso, foi usado negativo para o trabalho sobre o sistema, ou seja, trabalho contribuirá para aumentar a energia interna do sistema. O trabalho realizado pelo sistema entra na equação com sinal positivo, assim diminuirá a energia do sistema.

No momento em que se está explicando sobre calor sempre há por parte dos alunos uma confusão com o conceito de temperatura. O principal motivo está no senso comum decorrente da linguagem cotidiano que se refere ao “calor” como uma sensação de um dia quente, por exemplo. Vários trabalhos já foram desenvolvidos usando esse tema.

Mas, é importante que o professor consiga que os alunos aprendam que a definição de Temperatura é uma característica própria do sistema, do corpo. Enquanto, que o calor está relacionado a energia que está chegando ou saindo do

corpo, não sendo uma característica própria dele, mas sim do processo. A temperatura pode ser relacionada a energia interna do sistema que caracteriza um estado do sistema. Ela não muda quando não há mudança de temperatura. A relação entre energia interna e temperatura leva ao teorema da equipartição da energia.

Por outro lado, no processo isotérmico ocorre transferência de calor, no processo adiabático não ocorre transferência de calor, mas ocorre mudança de temperatura. A transferência de energia relacionada ao calor, numa visão microscópica, é aquela que provoca nas partículas movimentos desordenados. Esse estudo envolve a compreensão dos processos de transferência de energia que se dá devido a uma diferença de temperatura entre os sistemas.

## **8 AS TRANSFERÊNCIAS DE CALOR**

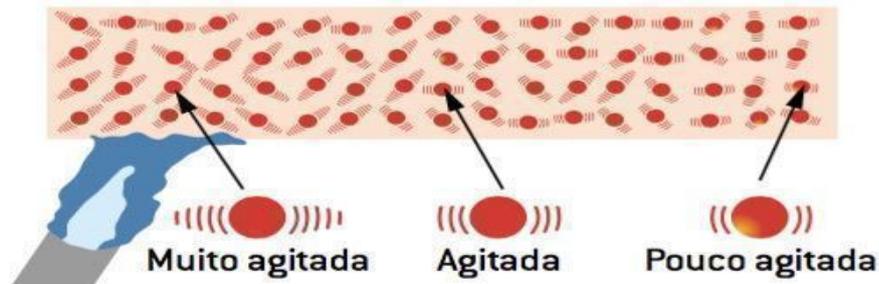
Essas transferências ocorrem por: Condução, por Convecção e por Irradiação. Essas formas de transferências conduzem os corpos ao estado de equilíbrio térmico com a sua vizinhança.

A condução ocorre devido a interação dos componentes da estrutura dos corpos. A condução leva ao equilíbrio do sistema, ou corpo como um todo. Como isto ocorre é caracterizado pela propriedade chamada de condutividade térmica. Essa propriedade reflete como a transferência de energia na forma cinética ocorre, e depende da energia potencial da interação dos elementos químicos que compõem as moléculas. Na interação entre as moléculas as menos energéticas ganham energia colidindo com moléculas mais energéticas. Essa interação também ocorre entre as moléculas de dois corpos que estão em contato direto. Observa-se uma elevação de temperatura do corpo mais frio que absorve a energia do mais quente. Destacamos aqui a impossibilidade do mais quente absorver a energia do mais frio, que é exatamente o conceito estabelecido pela segunda lei da termodinâmica.

Evidentemente que os valores da condutividade térmica são bem diferentes para sólidos, líquidos e gases, já que as interações entre as moléculas têm módulos bem diferentes. Nos gases prevalecem as trocas de energias por interação do tipo choque entre as moléculas, enquanto que nos sólidos prevalece a interação por vibração das moléculas que alteram as ligações químicas. Por outro lado, nos líquidos ocorrem as duas situações. Veja na figura 04 a ilustração da agitação das

moléculas transmitindo o calor uma a uma a partir da fonte de energia (a vela) por condução térmica:

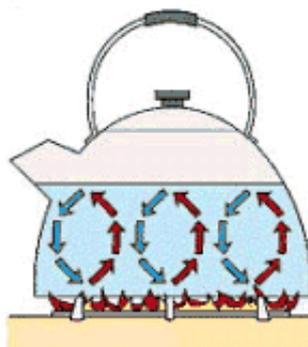
Figura 04: Esquema da agitação das moléculas, mostrando o fluxo de calor e a propagação de calor por condução.



Fonte: GOUVEIA (2018)

Na convecção a energia é transferida pelo movimento de um fluido ou gás que faz parte de um sistema com diferenças de temperatura no seu interior. Um fluido aquecido em um local específico, em geral, diminui de densidade nesta parte. O fluido quente sobe sendo substituído pelo fluido mais frio que desce, por ser mais denso (NUSSENZVEIG, 2014). Então, a convecção se equivale ao calor transferido pelo movimento de matéria de uma região para outra do fluido ou gás. Evidentemente há no processo a contribuição da condução térmica. Um exemplo, é mostrada da figura 04 onde numa chaleira em aquecimento, se ilustra como ocorre o movimento de convecção, destacados por meio das setas se referindo a mudança de posição do fluido que ali está sofrendo a ação de uma fonte de energia: No Sol a energia térmica produzida por reações termonucleares é transportada do centro da estrela para a superfície por convecção, onde o gás mais quente menos denso sobe e o gás mais frio mais denso desce, formando as correntes de convecção solares (TIPLER; LHEWELLUN, 2001).

Figura 05: Esquema de como ocorre a convecção de um fluido em uma chaleira em aquecimento.



Fonte: STENSMANN (2017)

A irradiação é uma forma de transferência de energia que está relacionada a emissão e absorção de ondas eletromagnéticas. As cargas em movimento acelerado emitem ondas eletromagnéticas, por outro lado absorvem as ondas alterando seu estado de movimento. A energia está armazenada nos campos elétrico e magnético que compõem a onda, que se propaga independentemente da existência de meios materiais. A perda de energia, emissão da onda, provoca um resfriamento, enquanto que a absorção provoca um aumento de temperatura. Essa irradiação transfere o calor de um ponto a outro através da radiação eletromagnética, não precisando de um meio material para se propagar, se propagando também pelo vácuo (NUSSENZVEIG, 2014). Um exemplo de radiação eletromagnética é a radiação emitida pelo Sol, que se propaga pelo vácuo no espaço sideral até atingir a Terra.

A matéria exibe características, ou propriedades, que se alteram devido a troca de energia. Essas propriedades podem ser utilizadas para definir a existência de equilíbrio térmico, e uma possível medição dessa condição, por meio de uma definição de escala. Às vezes essas propriedades que são óbvias, como por exemplo as dimensões espaciais de um corpo, às vezes sua resistência elétrica ou a emissão de luz visível ou não.

Portanto, para medir a “temperatura do Sol” é importante, além de conhecer a definição de temperatura, é reconhecer como ocorrem as trocas de calor e as propriedades térmicas da matéria. Conhecendo essas propriedades podemos definir como será nosso termômetro. Pode ser o tradicional termômetro de mercúrio, pode ser o digital, mas pode ser um termômetro baseado na sua cor, ou mesmo um que analise a emissão de radiação eletromagnética.

## 9 PROPRIEDADES TÉRMICAS, CONDUTIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA

As propriedades térmicas dos materiais, ou sistemas, são consequências de sua estrutura e sua composição química. O comportamento dessas propriedades com a temperatura, portanto, é reflexo de como sua estrutura absorve ou libera sua energia na forma de calor. Assim, estudando a capacidade de absorção, ou emissão, de energia e como ela se propaga torna possível a compreensão da diferença entre calor e temperatura, é possível desenvolver termômetros, e desenvolver utilidades práticas e tecnológicas com estes materiais.

O termômetro mais comum é o de mercúrio, que consiste em um tubo capilar fechado e evacuado com um bulbo contendo a substância mercúrio. A medição se dá devido ao aumento ou diminuição de volume de mercúrio em virtude da variação de temperatura. O aumento ou diminuição do volume reflete a necessidade de mais ou menos espaço para vibração das moléculas, evidenciando que a densidade do mercúrio aumenta ou diminui em função da temperatura. No caso do mercúrio a dilatação é uma função linear na faixa de temperatura na qual esse termômetro é comumente usado. Então, a variação da coluna de mercúrio no termômetro mostra o fenômeno da dilatação térmica, devido uma alteração na temperatura de um corpo (NUSSENZVEIG, 2014).

Esta medida não ocorre somente através da dilatação térmica, ela pode ocorrer também por outras propriedades termométricas, como, a cor, com por exemplo a chama de um fogão que tem a cor azulada e a chama de uma vela com cor amarela, elas são diferentes, não só pela cor, mas também pela temperatura das chamas ou ainda com um exemplo simples relacionado a nossa questão central, a cor das estrelas que estão intimamente ligadas a temperatura, uma de cor azul tem temperatura muito superior à que tem cor amarela por exemplo, e a resistência elétrica que se baseiam na variação de resistência ôhmica em função de uma variação de temperatura, aumentando a resistência quando a temperatura aumenta e diminuindo a resistência quando a temperatura diminui por exemplo. O bulbo de cerâmica ou vidro destes termômetros possuem uma resistência de fio de platina, níquel ou cobre que tem a propriedade resistiva e consequentemente fazendo a medida da temperatura.

Então, os diferentes tipos de termômetros são instrumentos construídos para medir a temperatura, aproveitando ao máximo a propriedade termométrica da substância ou material utilizado na construção.

A característica da emissão e absorção de calor pelos materiais é muito importante para definições de aplicações práticas e tecnológicas, além disso o estudo dessa característica foi fundamental para a evolução da física. No ensino tradicional desse conceito, no nível médio, o destaque se dá apenas ao as denominações e ao cálculo matemático da aplicação de uma fórmula (“Qmacete”, por exemplo) que precisa apenas decorar.

Capacidade térmica é a grandeza física que exprime a relação entre a quantidade de calor fornecida, ou retirada, de um corpo e a sua variação de temperatura. É uma característica do corpo e depende da sua massa de forma proporcional, sendo assim uma propriedade extensiva. Associada a ela há a grandeza Calor Específico, que é a capacidade térmica por unidade de massa, uma grandeza intensiva, independe da quantidade. Essa independência da massa faz o calor específico mais representativo da característica do sistema. A capacidade térmica não é constante, embora esse comportamento seja deixado a entender no ensino médio. Exemplos como o comportamento da capacidade térmica da água é tomada como um comportamento geral das substâncias. A capacidade térmica é definida pela equação

$$C = \frac{\partial Q}{\partial T}$$

Ou seja, é a razão da variação do calor envolvido pela variação ocorrida na temperatura. Ela pode ser medida quando o volume é mantido constante, ou quando a pressão é mantida constante. Essa simbologia de variação indica o cálculo de diferenças infinitesimais. No ensino médio é ensinado que

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

esta simbologia indica cálculos de variações usando diferenças maiores, levando a perda de detalhes na variação da transferência de calor. Apesar de facilitar a matemática deixando os cálculos apropriados para o ensino médio, detalhes das informações sobre o fenômeno são perdidas sendo necessário destacar esta situação para os alunos.

Uma medida importante ocorre para situações de transição de estado, ou fase, das substâncias. Nesta situação o calor absorvido ou cedido não altera a temperatura da substância. A energia transferida é usada para o arranjo ou desarranjo da estrutura física da substância. Assim, é definido o calor latente

$$L = \frac{\Delta Q}{m}$$

Aqui podemos destacar que o importante para a aprendizagem não é a fórmula, mas o processo físico envolvido na transição de fase. Em relação ao cálculo convém destacar que o estudo das transições de fase é uma das áreas de pesquisa mais dinâmica da física, que explora a universalidade das transições para as diferentes substâncias e natureza das suas fases.

Calor Sensível é a denominação dada ao calor cedido ou absorvido que provoca mudança no sistema ou corpo, uma variação de temperatura até que se atinja o equilíbrio térmico, sem que ocorra mudança na estrutura física das partículas. A variação de temperatura é diretamente proporcional ao calor cedido ou absorvido pelo sistema, e inversamente proporcional à sua massa e ao calor específico característico do corpo.

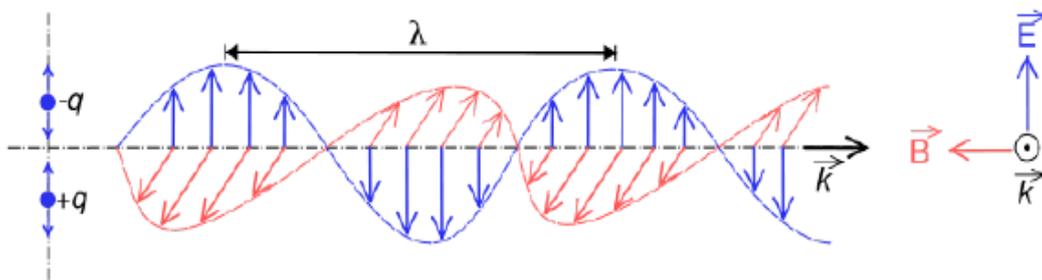
## 10 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O estudo do aquecimento por causa da radiação conduz a necessidade de entender o que é a Radiação Eletromagnética. Todos os corpos emitem, ou absorvem radiação cujo modelo científico aceito atualmente é decorrente da Eletrodinâmica Quântica. A radiação é uma onda composta de campos elétricos e magnéticos que oscilam perpendicular um ao outro e em relação a direção de propagação, que também se comporta como um feixe de partículas, chamadas de fótons. Essa radiação tem origem no movimento acelerado das partículas carregadas, ou nas transições eletrônicas. A radiação transporta energia armazenada nos campos ou nas partículas. A absorção, ou emissão faz com que os corpos aumentem a sua energia interna, aumentando sua temperatura, ou diminuam sua energia interna, diminuindo sua temperatura. A seguir vamos caracterizar com mais detalhes a radiação eletromagnética.

Graças aos estudos de J. K. Maxwell que elaborou as equações que definiu um modelo teórico para o eletromagnetismo unificando os fenômenos elétricos,

magnéticos, ópticos e luminosos. Assim, a luz é reconhecida como onda formada de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço com uma velocidade de aproximadamente 299.792.458 m/s no vácuo, a figura 06 mostra um modelo da onda gerada por vibração do dipolo elétrico (por exemplo, a molécula de água) gera uma onda eletromagnética, composta dos campos elétrico e magnético, formando assim a onda eletromagnética se propagando pelo espaço. O movimento de vibração do dipolo elétrico (por exemplo, a molécula de água) gera uma onda eletromagnética.

Figura 06: Modelo de Onda Eletromagnética, mostrando o comportamento do campo elétrico e do campo magnético, a partir da teoria de Maxwell.



Fonte: WIKIWAND (2017)

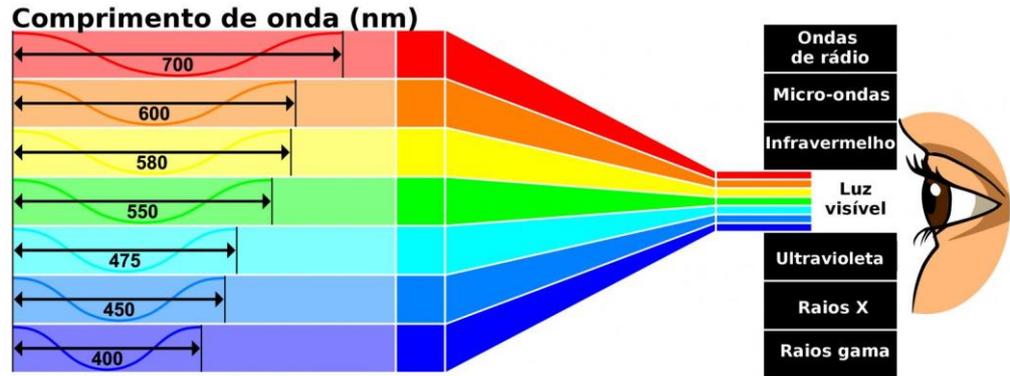
Essa onda traz como características a sua velocidade de propagação, o comprimento de onda e sua frequência. Ela não necessita de um meio para se propagar, mas a sua velocidade de propagação varia com o meio, sendo que alcança sua maior velocidade no vácuo.

Como uma onda eletromagnética pode ser gerada? A teoria de Maxwell mostra que uma onda eletromagnética pode ser gerada em situações em que o campo elétrico ou magnético varia com o tempo. Isto significa por exemplo que se uma carga elétrica está em movimento acelerado ela produz uma onda eletromagnética. Uma outra forma são as transições eletrônicas, um fenômeno estritamente quântico. Quando um elétron no átomo perde energia e vai para um nível de energia mais baixo, uma onda eletromagnética é emitida. Quando ele absorve uma radiação eletromagnética ganha energia, e vai para um nível energético mais alto.

Como qualquer onda a radiação eletromagnética pode ter seu comprimento de onda, de zero ao infinito, dependendo de como foi gerada. Assim, como mostrado na

figura 07 ela possui um espectro que vai das ondas de rádio até os raios gama. A luz visível é apenas uma pequena faixa do espectro.

Figura 07: Diagrama de uma onda eletromagnética, mostrando a decomposição da luz visível a nossos olhos, o comprimento de onda em relação a cores a faixa que vai dos raios gama as ondas de rádio.



Fonte: SILVA JÚNIOR (2017)

Um dos primeiros estudos sobre a natureza da Luz do Sol foi feito por Newton. Ele observou que a luz do sol se decompõe nas cores do arco-íris. Além disso, o mais importante é que ele observou que era possível recompor as cores para formar uma igual a luz solar incidente. Assim, ele descobriu que a luz do sol é uma composição de luz de diferentes cores. Newton propôs que os raios luminosos fossem um feixe de partículas, alimentando a controvérsia entre a visão de onda luminosa de Aristóteles e a da visão corpuscular de Pitágoras e Platão que ainda perdurava. No entanto, os experimentos de Huygens, Young e Fresnel definiram a vitória provisória da concepção ondulatória só abalada com o nascer da física quântica. Os experimentos de difração, interferência e polarização foram determinantes para a consolidação da visão ondulatória. Mas, o efeito fotoelétrico e a radiação de corpo negro foram determinantes para a concepção da dualidade onda – partícula da Mecânica Quântica. Assim, entende-se atualmente que a luz, ou a radiação eletromagnética, possui a propriedade de se comportar como onda e como partículas, chamadas de fótons, dependendo do fenômeno estudado.

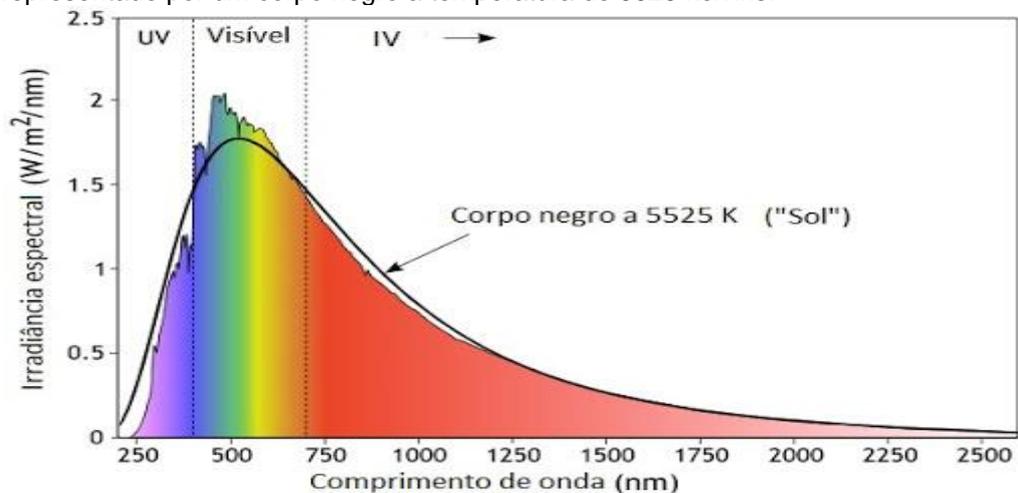
A associação da luz de diferentes cores, ou frequências de ondas, com a temperatura foi encontrada por F. William Herschel. Usando um experimento semelhante ao de Newton, ele mostrou que a luz de diferentes cores incidindo sobre um termômetro produziam diferentes variações de temperatura. Além disso, ele observou que havia uma “cor” não visível antes do vermelho que produzia alteração

nos termômetros, concluindo que o espectro de luz é mais amplo que o visível. Assim, ele descobriu as ondas do infravermelho, ideia que levou também a descoberta do ultravioleta, e assim por diante.

O fato da cor está associado a temperatura é conhecida desde a antiguidade quando os metalúrgicos sabiam a temperatura certa para trabalhar com os metais, observando sua cor quando aquecido. Assim, havia um forte interesse econômico no estudo das cores dos materiais com a variação da temperatura. Portanto, era importante analisar como se comportava um corpo que só emitia a radiação eletromagnética característica da sua estrutura em determinada temperatura. Sem a influência das radiações que incidia sobre ele. Então, na segunda metade do século 19 o espectro de radiação de um corpo negro era bastante estudado e chamava a atenção por não ser possível ser explicado pelas teorias clássicas de Newton e Maxwell.

Podemos observar que toda a radiação emitida pelo Sol é devida estrutura, a sua composição. Não há reflexão de ondas incidentes sobre ele o que o caracteriza como um Corpo Negro. O espectro da radiação será característica da sua temperatura. O estudo do espectro de radiação de Corpo Negro resultou nas Leis de Stefan – Boltzmann, de Wien e de Planck, que se discutidas mais adiante. Na figura 08 é mostrado a comparação entre o espectro de radiação do Sol, a luz do Sol que é formada pela mistura de todas as cores do arco-íris, comparado a um espectro modelo de um Corpo Negro.

Figura 08: A imagem mostra que o espectro da luz do Sol é formado pela mistura de todas as cores do arco-íris, representado por um corpo negro a temperatura de 5525 kelvins.



Fonte: DINIZ (2018)

## 11 A FÍSICA MODERNA

A Física chegou em um momento de sua história e evolução que refletia o fim. Isso ocorreu no final do século XIX onde cientistas acreditavam que a Mecânica de Newton e as Equações de Maxwell era o limite da ciência.

Com o início do século XX cientistas percebem lacunas nas explicações de certos fenômenos da natureza, como a radiação de Corpo Negro, percebendo que a Física Clássica não consegue explicar estes fenômenos.

A partir desta percepção pelos cientistas os estudos se intensificam no Átomo, na Teoria da Relatividade de Einstein, na Mecânica Quântica e na Radioatividade.

Surgindo a partir destes estudos a Física Moderna (FM), revolucionando os conhecimentos físicos até então e permitindo respostas às perguntas que muitos cientistas acreditavam que não existia.

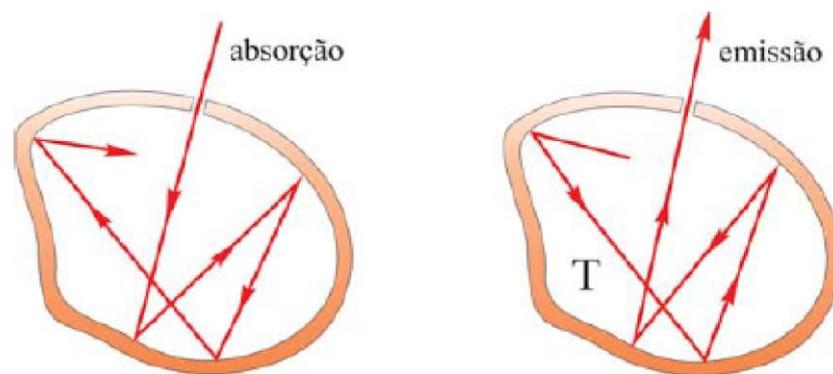
## 12 CORPO NEGRO

O interesse de estudar o corpo negro surgiu devido a observação dos fenômenos de aquecimento dos metais nos trabalhos metalúrgicos. A observação da emissão de luz pelos metais aquecidos e a mudança de cor, a medida em que absorviam mais calor e aumentavam sua temperatura. G. Kirchhoff observou que os corpos absorvem e emitem radiação, quando o corpo está em equilíbrio com sua vizinhança a emissão é igual a absorção. A radiação emitida pode ser devido a absorção ou decorrente da estrutura do corpo em razão da sua temperatura. Um corpo que emite radiação apenas em razão da sua temperatura, e absorve toda a radiação que incide sobre ele é chamado de corpo negro ideal.

Um corpo capaz de absorver toda energia radiante incidente independente do comprimento de onda e da direção de incidência, será emissor perfeito de energia radiante e isotrópico, dependendo do comprimento de onda e da temperatura, mas não depende da direção é um corpo negro. Uma maneira de simular um corpo negro é usar uma superfície que não influencie a radiação, um sistema que se aproxime de um corpo negro ideal, uma boa aproximação é uma cavidade com uma abertura muito pequena e isolante, onde a luz entra pela abertura, reflete pelas paredes interiores até que seja totalmente absorvida por elas, dessa forma toda radiação que for emitida e sair pela abertura se deve a temperatura no interior da cavidade. O nome de corpo

negro está relacionado ao fato de que alguém olhando de fora para a abertura na cavidade veria apenas a cor preta, mesmo percebendo o calor emanado por ela, percebendo que nenhum comprimento de onda visível escapa do corpo negro, ainda que ele emita radiação infravermelha, mas isso só ocorre a temperatura moderada, em geral abaixo de 600°C, pois, em altas temperaturas parte da radiação emitida será no espectro visível. Em geral acima de 600°C o corpo tem energia suficiente no espectro visível, sendo assim tem energia para que o corpo comece a brilhar com luz própria vermelho escuro. A imagem 09 mostra um exemplo de Corpo Negro, a luz incide pela cavidade não consegue sair, sendo absorvida.

Figura 09: A figura mostra o que ocorre em um Corpo Negro ideal em sua absorção a esquerda e a emissão a direita. Toda a radiação incidente é absorvida, a radiação emitida ocorre apenas com aquelas geradas devido a temperatura do Corpo.



Fonte: LIMA (2013)

Max Planck propôs que a radiação de corpo negro era descontínua, emitida por partículas denominadas de fótons, transportando uma quantidade, uns quanta de energia bem definida. Para explicar esta teoria Planck introduziu a ideia de osciladores elétricos no interior da cavidade de corpo negro resultando na absorção e reemissão de quanta de energia pelos átomos da parede, expressando a energia de cada quanta como um múltiplo de  $h\nu$ , sendo assim:  $E = nh\nu$ .

Qualquer corpo em equilíbrio termodinâmico com seu próprio campo de radiação emitirá fótons com intensidade específica de energia para um corpo negro com temperatura  $T$ , que será dada pela Lei de Planck da seguinte maneira:

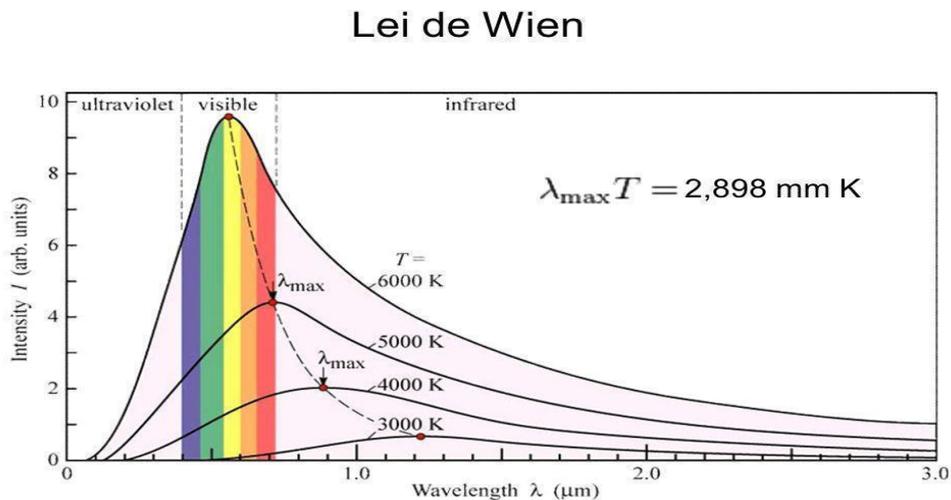
$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda KT}} - 1}$$

Já a Lei de Planck em termos de frequência fica descrita da seguinte maneira:

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Para Wien a intensidade máxima do comprimento de onda emitida por um corpo negro é inversamente proporcional a temperatura absoluta, desta forma o brilho máximo de luz emitida pelo corpo se tornaria cada vez mais curto, se deslocando para o espectro violeta. Essa descoberta é conhecida por Lei de Deslocamento de Wien dada por  $\lambda_m T = \text{constante}$  onde a constante de Wien é  $2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K}$ , podemos ver no gráfico 10 abaixo mostra o resultado da Lei de Wien se relaciona com o espectro de um corpo negro em função do comprimento de onda e da temperatura:

Figura 10: Gráfico da Lei de Wien, mostra a variação do comprimento de onda máximo com a temperatura, comparado com o comprimento de onda do espectro de radiação, destacando a faixa do visível.



Fonte: SILVA (2015)

Comparando a forma da curva de Planck o comprimento de onda em que a intensidade é máxima varia com a temperatura em cada linha mostrada no gráfico, para corpos negros, a Lei de Wien, mostra que, à medida que  $T$  aumenta,  $\nu_{\text{max}}$  aumenta, ou  $\lambda_{\text{max}}$  diminui.

### 13 LEI DE STEFAN – BOLTZMANN

O corpo que absorve toda a radiação incidente é chamado de corpo negro ideal. Stefan descobriu uma relação entre a potência por unidade de área irradiada por um corpo negro e a Temperatura, que, foi comprovada através das Leis da Termodinâmica clássica por Boltzmann que diz que a potência emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência da temperatura e essa relação é conhecida como Lei de Stefan – Boltzmann dada por:  $R = \sigma T^4$ . Onde R é a potência irradiada por unidade de área, T a temperatura absoluta e  $\sigma = 5,6705 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$  é a constante de Stefan – Boltzmann (Tipler) dada por:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}$$

A Lei de Stefan-Boltzmann pode ser escrita em relação ao fluxo de um corpo negro de temperatura T, da seguinte maneira:

$$F = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta \sin\theta d\theta \int_0^{\infty} B_\nu(T) d\nu = \sigma T^4$$

Demonstrada da seguinte forma:

$$B(T) \equiv \int_0^{\infty} B_\nu d\nu = \frac{2h}{c^2} \int_0^{\infty} \frac{\nu^3 d\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1}$$

Considerando que:

$$\alpha \equiv \frac{h\nu}{KT}$$

Teremos a seguinte solução:

$$B(T) = \frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \int_0^{\infty} \frac{\alpha^3 d\alpha}{e^\alpha(1 - e^{-\alpha})}$$

$$\frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \left[ 6 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^4} \right]$$

$$\frac{2h}{c^2} \left(\frac{KT}{h}\right)^4 \frac{\pi}{15} = \frac{\sigma}{\pi} T^4$$

As estrelas como o Sol a radiação das camadas mais externas não estão em equilíbrio térmico, sendo assim, a temperatura não é a mesma para todas as estrelas. Para resolver este problema se leva em conta a luminosidade e a temperatura efetiva da estrela, onde, a luminosidade é a potência total irradiada pela estrela e a

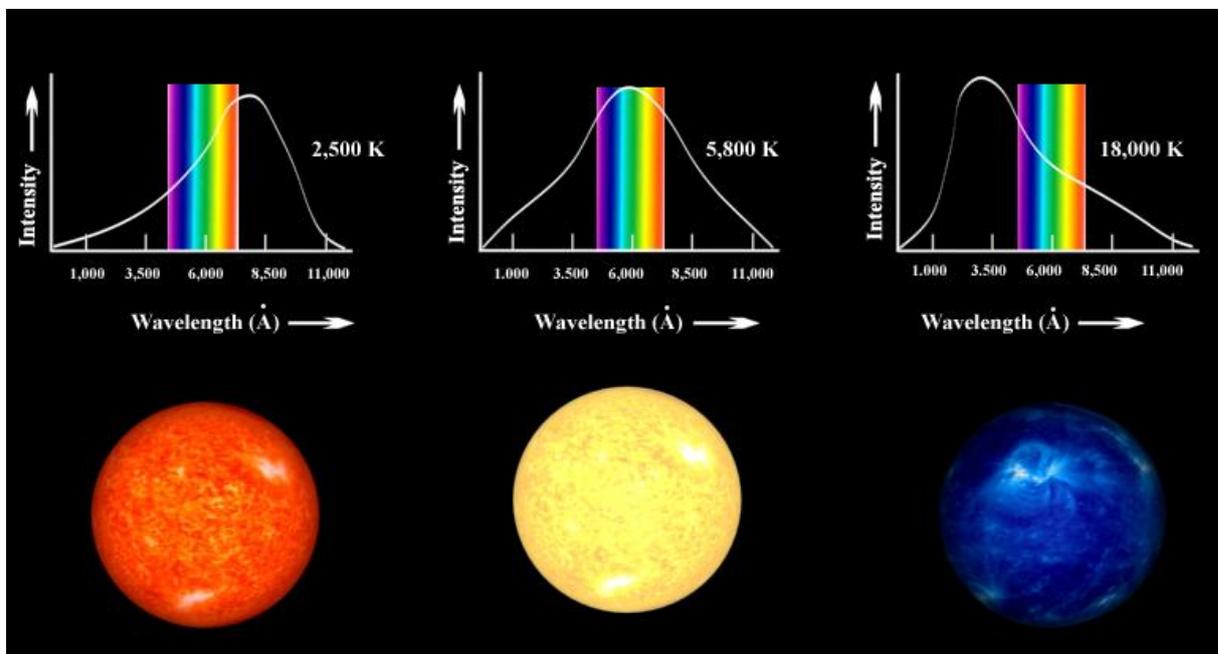
temperatura efetiva é a temperatura de um corpo negro que transfere a mesma quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que a estrela emite, desta forma, assim a temperatura efetiva se relaciona com a luminosidade da estrela pela Lei de Stefan – Boltzmann da seguinte maneira:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4.$$

A Lei de Stefan – Boltzmann mostra que a potência por unidade de área irradiada pela estrela é função apenas da temperatura, portanto, não depende de outras características como a cor ou do material de que a estrela é composta. Esta equação utilizaremos para responder à pergunta deste trabalho.

Com o software livre da Universidade do Colorado, conhecido como Phet, podemos ter uma boa aproximação da Lei de Stefan – Boltzmann, mostrando que aumentando ou diminuindo a Temperatura teremos diferentes picos na figura 11.

Figura 11: Estrelas de diferentes temperaturas emitem espectros de radiação diferentes. Maior comprimento de onda máximo (wavelength) menor será a temperatura e a energia da radiação. Na parte de baixo a cores visíveis das estrelas observadas.



Fonte: MUTLAQ (2017)

## 14 CARACTERÍSTICAS DO SOL

A teoria do Big Bang estima que o universo começou a mais de 13 milhões de anos, que sua temperatura inicial era da ordem de  $10^{39}$  K, após a “explosão” inicial a expansão provocou um resfriamento que levou a ter atualmente a temperatura de aproximadamente 3 K, muito próxima ao zero absoluto. Com a “explosão” as forças fundamentais surgiram, as partículas foram formadas, as estrelas, os planetas, as galáxias e o resto do universo. Estima-se que nosso sistema solar tenha se formado a 4,7 bilhões de anos.

Nosso sistema solar é composto pela estrela chamada Sol, por planetas, luas, planetas anões, asteroides e cometas. Como vivemos na vizinhança do Sol, sua radiação deixa a temperatura da Terra confortável, se não fosse isso estaríamos a mesma temperatura do Universo. O Sol fornece quase toda a energia que consumimos, interferindo diretamente no nosso dia-a-dia. A maneira como medimos o tempo, nossa percepção visual e a nossa própria existência estão ligadas a posição da terra em relação ao Sol. Nossa visão está condicionada a radiação eletromagnética, luz visível, que penetra em nossa atmosfera, já a escala de tempo está relacionada com o movimento do planeta Terra em torno do Sol e da Lua em torno da Terra.

O Sol é a estrela mais próxima de nós, entre as 100 bilhões que existem na via láctea, servindo de base para o conhecimento de outras estrelas, que para nós parecem apenas como pontos de luz, devido a distância que se encontram do planeta Terra, mesmo usando telescópios muito potentes. Estudar a superfície do Sol nos ajuda a compreender os processos físicos envolvidos em seu interior e esse conhecimento pode ser aplicado a outras estrelas.

O modelo aceito cientificamente para o surgimento do sol é mostrado no desenho esquematizado da figura 11. No começo por ação da gravidade surge uma nuvem de matéria que vai ficando cada vez mais densa. Após milhões de anos se dá o início da fusão do hidrogênio, demorando mais alguns milhares de anos até a formação do sistema Solar, evoluindo após milhares de anos a uma Gigante Vermelha e após bilhões de anos em uma Nebulosa Planetária a uma anã branca.

Dos estudos científicos se sabe que a temperatura no centro do Sol chega aproximadamente a 13.700.000 K, mas quando sai do núcleo sua temperatura diminui drasticamente chegando a 7.000.000 K e quando chega a superfície sua

temperatura diminui mais ainda chegando a aproximadamente 5 800 K. No núcleo do sol ocorre a fusão nuclear, mas para que isso ocorra os prótons se chocam uns contra os outros a velocidades muito altas, o suficiente para superar a repulsão decorrentes das suas cargas positivas. Dessa forma, o íon hidrogênio se transforma em hélio, logo após a fusão os fótons gerados no processo passam pela zona de radiação, onde passam milhares de anos, sendo absorvidos e reemitidos por íons de H e He.

Na camada seguinte o transporte de energia acontece por convecção, onde o gás se esquento do lado inferior, se expande, sobe, chegando à fotosfera, se esfria emitindo fóton se contrai e desce novamente. Quando os fótons chegam à fotosfera a maioria consegue chegar ao espaço, são esses que observamos, pois, a fotosfera é tida como superfície do Sol que conhecemos, apesar de em cima da fotosfera ainda existir a atmosfera solar constituída da cromosfera, de uma zona de transição e da coroa solar, todas com baixíssimas densidades, e só visíveis em condições especiais, como eclipses solares.

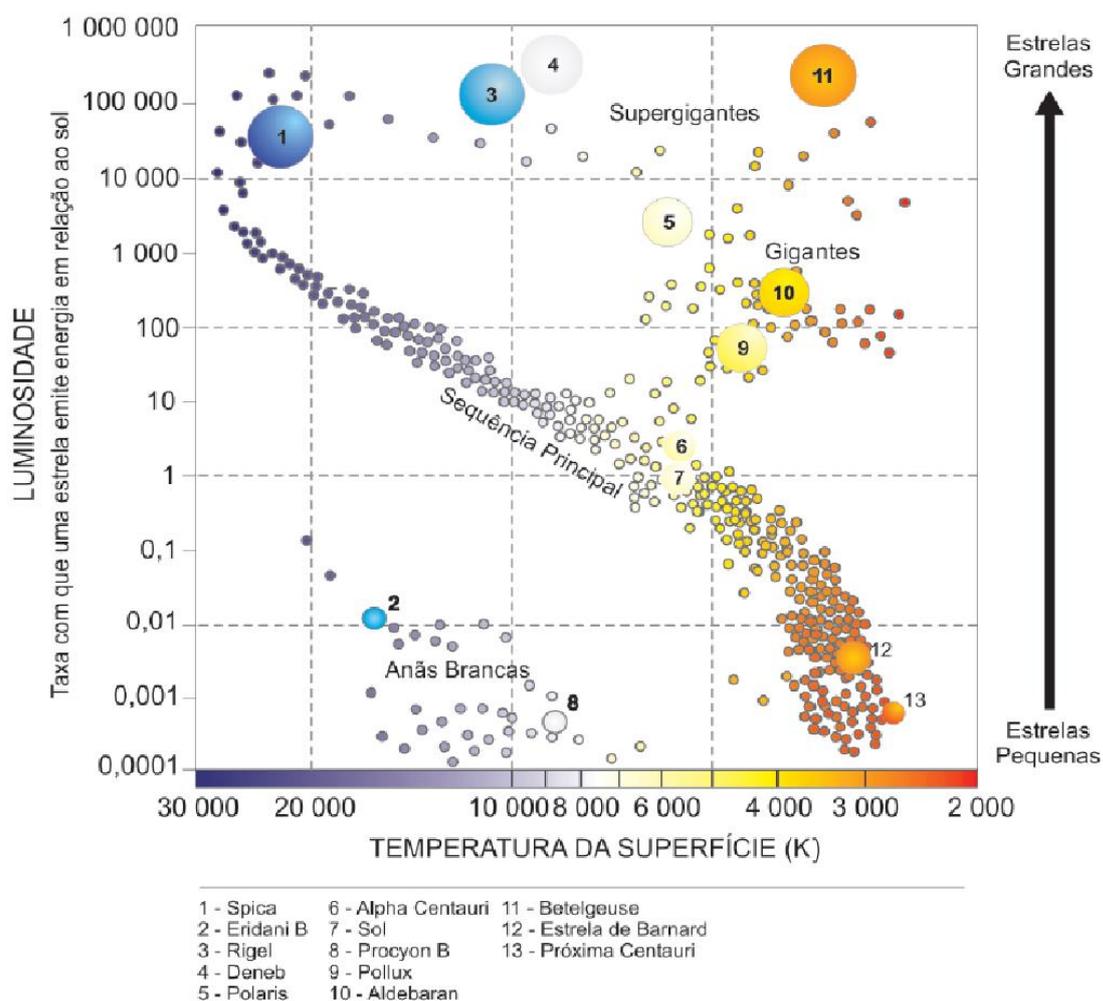
No decorrer de bilhões de anos as propriedades do Sol mudam lentamente, onde é possível observar que seu raio teve um aumento de 15%, a temperatura aumentou nesse mesmo tempo em torno de 100K e a luminosidade aumentou em 40%. A seguir algumas características de nosso Sol.

Algumas informações sobre o Sol.

Massa	$1,989 \cdot 10^{30} \text{Kg}$
Raio	$695\,500 \text{Km} = 109 R_{\text{Terra}}$
Distância (1UA)	$149\,600\,000 \text{Km}$
Temperatura Superficial	5785K
Temperatura Central	$15\,000\,000 \text{K}$
Luminosidade	$3,9 \cdot 10^{26} \text{W} = 3,9 \cdot 10^{33} \text{ergs/s}$
Composição Química	Hidrogênio = 91,2%
	Hélio = 8,7%
	Oxigênio = 0,078%
	Carbono = 0,043%

Dentro do nosso Sol cabem aproximadamente 1.300.000 Terras, isso nos mostra o quanto ele é bastante grande comparado com o nosso planeta. Existem estrelas com massa maiores ou menores que a do Sol, estas estrelas podem ser observadas pelo seu brilho, sua cor, a sequência principal, a temperatura e a luminosidade emitida pelas estrelas, como mostradas na figura 12.

Figura 12: Gráfico mostrando a sequência principal das estrelas, em relação a sua temperatura, intensidade luminosa, cor, estrelas pequenas e estrelas grandes.



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA (2014)

A maioria das estrelas em torno de 85%, incluindo nosso Sol, se encontram ao longo da sequência principal e para todas a luminosidade é proporcional à sua temperatura efetiva na 4ª potência e ao seu raio ao quadrado. A figura 12 é conhecida como Diagrama Hertzsprung-Russell (HR) mostra algumas estrelas conhecidas próximas ao Sol e a posição que se encontra em relação as características de

temperatura, luminosidade, tamanho e cor. Também podemos observar que as estrelas não se encontram em um único lugar mas se concentram mais na diagonal (sequência principal), outro ponto que o diagrama HR mostra a posição da estrela em relação ao diagrama e não em relação ao espaço, vejamos na figura abaixo algumas estrelas sua posição, temperatura da superfície e luminosidade listada no diagrama HR.

Podemos perceber que a escala de classificação das estrelas se relaciona com a radiação emitida por ela, a radiação eletromagnética, que dependendo da matéria existente em sua composição, a estrela terá a cor (propriedade intrínseca) observada.

O ciclo de vida do nosso Sol na sequência principal é 10 bilhões de anos, hoje a estrela tem a idade aproximadamente de 4,6 bilhões de anos, ocorrendo à conversão de hidrogênio em hélio devido às reações nucleares no núcleo da estrela e está em perfeito equilíbrio hidrostático com a pressão do gás igual à pressão gravitacional. A imagem 13 abaixo é um esquema da sequência de nosso Sol conforme sua evolução.

Figura 13: Sequência de nosso Sol, mostrando do nascimento até sua morte em cada uma das fases de sua evolução



Fonte: WIKIPÉDIA (2017)

Com a evolução estelar, nesta mesma sequência podemos observar que com o passar de bilhões de anos o Sol evoluirá para uma gigante vermelha onde se esgota o hidrogênio e a estrela inicia a fusão do hélio em carbono em seu núcleo e seu raio aumenta em três vezes, na sequência passa para uma supergigante vermelha onde se esgota o hélio no núcleo e passa a queimar hélio em carbono na casca esférica ao redor do núcleo, seu raio passa a ser cem vezes maior o que engloba a órbita da Terra, passando a nebulosa planetária e após a anã branca.

## 15 SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM (SEA)

A SEA foi pensada nos conteúdos e experimentos necessários para que o aluno respondesse à pergunta inicial “*como medir a temperatura do sol?*” evoluindo conceitos da Termodinâmica até conceitos da Física Moderna. A pergunta foi elaborada pensando na contextualização do conteúdo de Termodinâmica, no desenvolvimento cognitivo dos conceitos envolvidos, na introdução da física moderna e na forma não sequencial como os estudantes entram em contato, no dia a dia, com a os conceitos físicos.

O conceito fundamental focalizado nesta sequência de ensino-aprendizagem é a Temperatura, destacando-se as Propriedades Térmicas dos materiais, por observação fenomenológica de experimentos e práticas, inclusive no que se refere às diferentes capacidades dos materiais em mudarem sua temperatura por meio da emissão ou absorção de calor.

Os experimentos trabalhados são simples com o objetivo de destacar os fenômenos térmicos ocorrendo com os materiais. Evidenciando as formas a propagação do calor que evidenciam a capacidade de absorção e a perda de energia. Destacar que a observação dos fenômenos leva a construção de modelos, leis que torna possível construir teorias que as generalizam para explicar outros fenômenos e descobrir novos.

Assim, a física moderna chega com uma nova proposta, a quantização da radiação eletromagnética, para explicar o fenômeno térmico da emissão de radiação de um corpo negro em função da sua temperatura. Esse novo conhecimento é o que leva a capacidade de dar uma resposta a medida da temperatura do sol.

Com o desenvolvimento da Sequência o estudante compreenderá a Temperatura como uma propriedade do corpo, enquanto que o calor é a energia que chega ou sai dos materiais e depende de como isso ocorre, qual o processo em que ocorre isso. Como o Calor não é uma propriedade do corpo ele entenderá o fenômeno da sensação térmica e equilíbrio térmico. Se tornará claro a necessidade da existência de uma escala de medidas, e conhecerá o Sistema Internacional de Unidades de Medida para temperatura.

No estudo das Propriedades Térmicas se destaca a necessidade de entender as diferentes capacidades dos materiais de absorver ou emitir calor. Então, o

estudante conseguirá compreender o que é capacidade térmica de calor específico e calor sensível, e de calor latente.

Na Sequência será estudada as formas de como é possível mudar temperatura dos materiais, o destaque é a Transferência de Calor. O objetivo é que os estudantes percebam que a transferência de calor ocorre de maneiras diferentes e que consigam entender a irradiação, a condução e da convecção, a ponto de perceber a diferença entre elas. Reconhecendo a irradiação como uma onda eletromagnética como a luz, perceberão que a luz transporta energia e não precisa de um meio para existir ou se propagar.

Continuando com Radiação Térmica e Cor de um Objeto, onde o objetivo é que o aluno perceba que a absorção e a emissão de radiação térmica dependem da cor do objeto, evoluindo o estudo para Física Moderna, conceituando Corpo Negro.

Na continuidade dos assuntos abordados a sequência foi a Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol com o objetivo de calcular a temperatura do Sol. Para fortalecer o entendimento deste conceito de Física Moderna, a Lei de Stefan-Boltzmann e o conceito de corpo negro estudado na aula anterior, a explicação da Lei de Planck e Lei de Wien se mostram muito importante na construção do conhecimento pelos alunos.

Para finalizar a SEA a discussão se dá através da interação da Terra com o Sol por meio da radiação eletromagnética, e usos dessa fonte de energia. Os conteúdos abordados foram Painel Solar, Corpo negro e Energia Elétrica com objetivo que os alunos percebam as implicações tecnológicas, sociais e culturais que envolvem o conceito de energia térmica dentro da Termodinâmica e da Física Moderna.

## PARTE 1: Motivando os alunos

No início da aula o professor conversa com a turma sobre situações que envolvam a Temperatura no cotidiano do aluno. O clima, a temperatura corporal, aquecimento, a geladeira e frio, termômetros, entre outros assuntos ajudam a direcionar o pensamento, a despertar conhecimento de senso comum. Em seguida instiga a curiosidade fazendo a pergunta de como é possível medir a temperatura do Sol? Neste momento os conhecimentos prévios e o modelo não científico na forma de possibilidades de como responder a pergunta inicial são expostos verbalmente. O

professor deve fazer os registros no quadro na forma de um mapa mental, para discussão nas sequências das aulas.

Para elevar a discussão a um nível maior de conhecimento o professor direciona a turma com perguntas como: O que é temperatura? O que medimos? O que medimos? O Sol? Quais as características ou informações sobre o Sol se conhece? Há termômetro para medir a temperatura do Sol? Quais as dificuldades? Como sabemos que ele é quente? O que precisamos aprender para a ação de medir a temperatura? Definir temperatura? Aprender o que significa variar Temperatura? Como conseguimos variar a temperatura? Como observar que a temperatura variou? Há propriedades dos materiais que variam com a temperatura? O que isto significa? Como construir equipamentos que medem temperatura? O que medimos? Para finalizar os questionamentos volta a pergunta inicial, como medir a temperatura do Sol?

Ao finalizar os questionamentos e o mapa mental todos olham para os registros e fazem análise se os conhecimentos são suficientes para responder a pergunta inicial. Os conceitos físicos foram: Termômetro, equilíbrio térmico, temperatura, lei zero, propriedades térmicas, energia, propagação da energia, calor, Lei zero, transferência de energia, propriedades térmicas, agitação das moléculas, energia das moléculas, capacidade térmica, dilatação, calor específico, transição de fase, calor latente, transferência de energia, contato, condução, convecção, radiação, estrutura da matéria, energia cinética e potencial, cor de um objeto, Stefan-Boltzmann, corpo negro, Microscópico x Macroscópico, Lei de Wien e Lei de Planck.

Após, o professor organiza toda a Sequência Didática e expõe na aula seguinte. É importante deixar claro os objetivos de aprendizagem de cada etapa para que os alunos compreendam a caminhada a seguir e qual conhecimento se pretende construir na busca da resposta à questão inicial: *Como medir a temperatura do Sol?*

## PARTE 2: Aprendendo sobre temperatura e propriedades térmicas.

Se inicia colocando aos alunos que o objetivo nesta aula é entender o conceito de Temperatura e a Lei Zero da Termodinâmica. Com um conhecimento não científico do senso comum sobre o que é temperatura ou o que entendem por temperatura ou ainda sobre propriedades térmicas dos materiais. Respostas como febre, calor e frio são frequentes. Porém a fim de elevar o conhecimento comum para

o científico é mostrado termômetros de mercúrio e digital, para manusearem e observarem seu princípio de funcionamento. Neste momento o aluno percebe a substância termométrica e o sistema digital do termômetro. Uma explicação sobre o que é o termômetro e seu princípio de funcionamento se faz necessário. Mas o que o termômetro mede de fato? Para responder a esta pergunta se usa o software livre phet do colorado estados da matéria para mostrar a movimentação das partículas para uma mesma temperatura e substâncias diferentes, buscando que o aluno perceba que mesmo o termômetro marcando a mesma temperatura as moléculas das substâncias têm movimentação diferente, sendo uma propriedade do corpo. Também percebem que o termômetro e o que se quer medir tem temperaturas diferentes no início da medição, após um certo tempo, termômetro e o que se está medindo atingem a mesma temperatura, havendo uma troca de energia entre eles até que o equilíbrio térmico seja atingido, a Lei Zero da Termodinâmica. Outro ponto importante no estudo da temperatura são as escalas termométricas (Kelvin, Fahrenheit e Celsius), seu princípio de funcionamento, suas respectivas unidades de medida (SI) e formalização estudadas neste momento.

No estudo das propriedades térmicas a estratégia foi o uso de experimentos, um para os alunos observarem o que estava ocorrendo e as possíveis justificativas e o outro os alunos investigam e buscam a resposta. Foi realizado na construção do conhecimento dois experimentos (UFJF e UFRGS). O objetivo do primeiro experimento é conceituar calor específico. Os materiais utilizados são três balões, um com ar, um com água e um com areia, três velas acesas em baixo e o suporte, a montagem pode ser vista na imagem 14.

Figura 14: Experimento exemplificando calor específico dentro dos balões havia substâncias diferentes. As velas aquecem os balões, aquele cuja substância tem maior calor específico estourará mais tarde



Fonte: O autor

Os balões estouraram conforme o valor do calor específico da areia, do ar, e da água respectivamente, mostrando para o aluno uma característica importante das substâncias, pois, quanto menor o calor específico da substância, mais ela pode sofrer variações em sua temperatura. No experimento a energia se dissipa mais rapidamente na areia, depois no ar e por último na água, mostrando ao aluno que o calor específico está diretamente relacionado com a quantidade de energia térmica necessária para que ocorra a variação de temperatura e o balão estoure.

No experimento seguinte os materiais necessários são: duas lamparinas feitas de lata de alumínio, quatro vasilhas feitas de lata de alumínio demonstrado na figura 15, fósforo, gelo, água duas velas e termômetros. Acender as lamparinas, colocar em uma das vasilhas 100ml de água e na outra 200ml de água, colocar os termômetros dentro dos recipientes com água, anotar a temperatura inicial e levar ao fogo. Observar o que ocorre em um tempo de 10 minutos. Nas outras duas vasilhas fazer o mesmo procedimento só que agora inserir pedras de gelo em mesma quantidade e observar o que ocorre num intervalo de 10 minutos. A figura 15 mostra a montagem do experimento.

Figura 15: A imagem a esquerda mostra como foi feita a lamparina e os recipientes usados no experimento com latas de alumínio, a figura à direita mostra o experimento montado com termômetro analógico.



Fonte: O autor

Como foi colocado em uma vasilha 100ml de água e na outra 200ml de água, o dobro da mesma substância, os alunos através do termômetro podem visualizar que a temperatura varia de forma diferente nos recipientes. Isso ocorre devido a quantidade de substância em cada recipiente, refletindo a capacidade térmica explícita no experimento. Os outros conceitos trabalhados no experimento são o calor sensível e o calor latente, pois, por exemplo: quando colocamos gelo nos recipientes

a temperatura baixou até ficar estável, mostrando o calor sensível devido ao calor absorvido houve uma variação de temperatura até atingir o equilíbrio térmico, sem mudança na estrutura física das moléculas. Na continuidade do experimento não há mudança de temperatura, permanecendo constante, isso ocorre porque o calor trocado não está sendo utilizado para alterar a movimentação das moléculas e sim alterando o grau de ligação entre elas, ou seja, seu estado físico, sendo chamado de calor latente.

Na sequência uma discussão sobre o que foi aprendido no experimento se faz necessário, para o entendimento dos conceitos trabalhados, as unidades de medida (SI), a formalização e como a matemática ajuda a entender as quantidades necessárias para que cada evolução do experimento ocorra.

### PARTE 3: Aprendendo como ocorre a transferência de calor.

Os conceitos a serem abordados agora são calor e transferência de calor, mostrando a diferença de calor e temperatura. O objetivo destes conhecimentos é que o aluno perceba que calor não se propaga da mesma forma e quando cessa os corpos atingem o equilíbrio térmico. No início é feita uma breve explanação sobre transferência de energia térmica com situações do cotidiano do aluno, seguindo com algumas perguntas como: A transferência de energia ocorre da mesma forma? O que vocês percebem quando colocam uma mão na parte de madeira e a outra mão na parte de metal da carteira onde estão sentados?

Alguém pode descrever o aquecimento de uma chaleira cheia de água? Porque nas geladeiras comuns o freezer fica na parte de cima com prateleiras gradeadas e nas geladeiras mais modernas pode estar em cima ou embaixo com prateleiras inteiriças? O que ocorre quando nos aproximamos de uma churrasqueira em funcionamento? Por quê? Para que o aluno perceba que o calor não se transfere de forma igual e que isso está relacionado a uma diferença de temperatura entre sistemas. Após, o aluno segue um roteiro com três experimentos (portal do professor no MEC), um abordando a condução de calor e seu comportamento em diferentes materiais, outro colocando em evidência a convecção de calor e o terceiro a radiação de calor.

A condução é abordada em uma situação com quatro hastes de materiais diferentes (alumínio, cobre, ferro e madeira) com pingos de velas com tachinhas

igualmente espaçadas nas hastes. O aluno coloca as hastes em um suporte, em seguida ao mesmo instante coloca uma vela na ponta de cada uma delas, como na imagem 16.

Figura 16: Montagem do experimento que conceitua Transferência de calor por condução. Haste de materiais diferentes transfere calor mais ou menos dificuldades. Cada material recebe pingos de vela igualmente espaçados que ao aquecerem derretem.



Fonte: O autor

A intensidade da condução térmica ocorre devido a condutividade do material, logo, a molécula mais energética transfere energia para menos energética, ganham energia e passam para a próxima. O controle da passagem de calor pela haste é feito através das tachinhas presas com pingos de vela, pois, devido a propagação do calor por condução elas se soltam da haste, isso ocorre até que o equilíbrio térmico se estabeleça.

Para estudar a convecção térmica foi usado um espiral de papel preso por um fio de costura e uma vela a figura 17 mostra como ficou o experimento.

Figura 17: Montagem do experimento Transferência de calor por Convecção. O ar aquecido acima da vela faz a espiral de papel rotacionar.



Fonte: O autor

Ao colocar o espiral acima da vela ele começa a fazer movimento giratório, isso faz o aluno refletir o ocorrido. A convecção térmica ocorre devido a fonte de energia, movimentar um fluido ou gás por causa da diferença de temperatura no seu interior, então, a convecção térmica transfere calor fazendo com que a matéria suba e desça em um sistema fechado, pois, sua densidade muda de intensidade neste processo. No caso do nosso Sol a energia das reações termonucleares vai do centro a superfície pelo processo de convecção solar.

O terceiro experimento o aluno recebe uma vela para investigar a irradiação, a figura 18 mostra como ocorre.

Figura 18: A imagem mostra como se deve posicionar a mão próximo a vela no experimento Transferência de calor por Irradiação para que não ocorra acidentes.



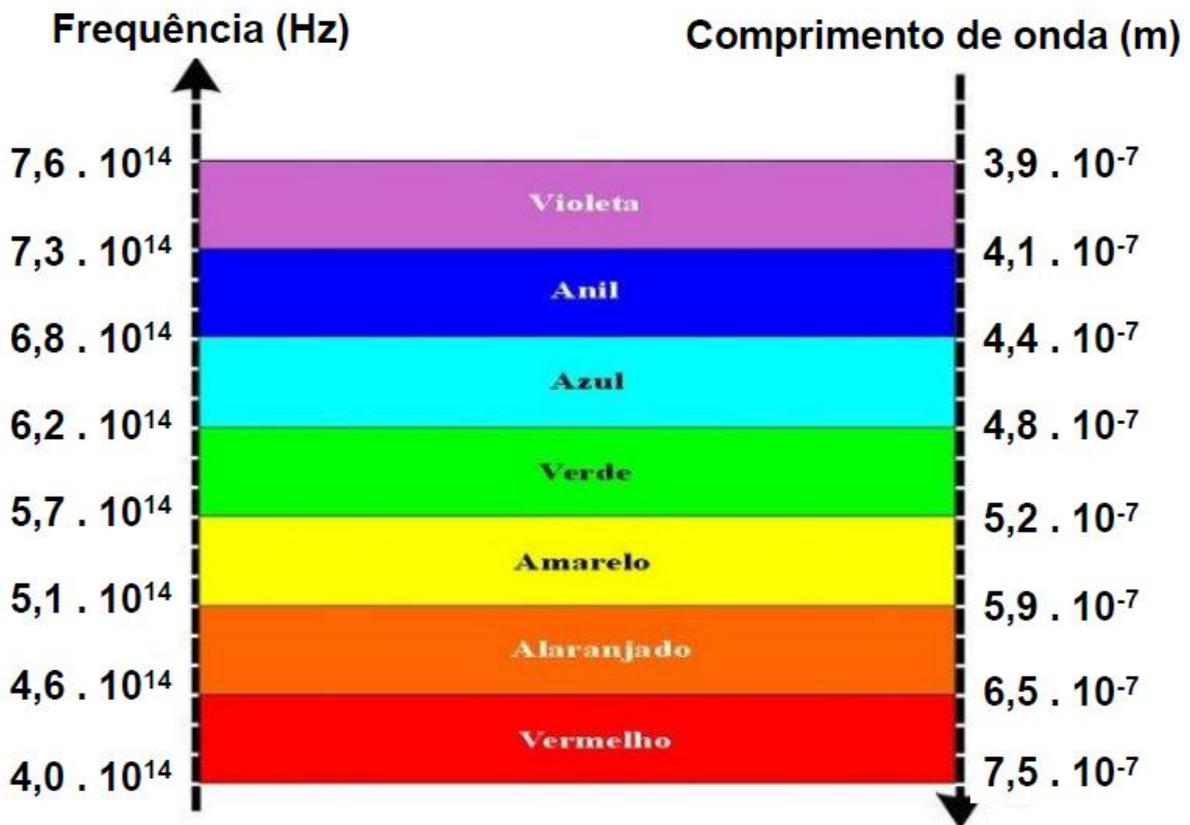
Fonte: O autor

O aumento de temperatura na mão comprova que tem transmissão de calor sem contato direto com a fonte. Podemos excluir a possibilidade de a energia térmica chegar até a mão por condução e convecção, já, que o ar é mau condutor de calor e o ar aquecido sobe ao invés de ir para os lados ou para baixo. Então a transmissão de calor está ocorrendo de forma diferente, por irradiação. Neste momento o aluno deve entender que a irradiação ocorre através da radiação eletromagnética e não precisa de um meio material para se propagar. Um exemplo é nosso Sol, pois, sentimos o calor irradiado por ele. Entre o Sol e a Terra, no espaço sideral não existe matéria, então, podemos descartar a condução térmica através de algum tipo de material e também a convecção térmica, pois, esse tipo de transporte de calor precisa de matéria para se propagar, logo, nosso Sol emite calor na forma de irradiação eletromagnética.

#### PARTE 4: Entendendo o que é Radiação Térmica e Cor de um Objeto.

O objetivo aqui é que o aluno compreenda a relação entre cor de um objeto, radiação eletromagnética, absorção térmica devido a cor, a frequência, o comprimento de onda e corpo negro. No início da aula para motivação da turma foi feita algumas perguntas como: Como o Sol transmite o seu calor até nós? Tem diferença usar uma camiseta branca ou uma preta em um dia ensolarado? Do que a luz visível é composta? Como vemos as cores? Qual a cor que absorve mais o calor? Por quê? Ouviram falar em corpo negro? Com perguntas simples que muitas vezes nem se percebe o porquê isso acontece até perguntas que provavelmente como a de corpo negro não consigam responder. É interessante mostrar aos alunos a figura 19 para que relacionem a cor, frequência e comprimento de onda.

Figura 19: A imagem mostra a faixa da luz visível, encontrando as seguintes cores: luz vermelha, luz alaranjada, luz amarela, luz verde, luz azul, luz anil e luz violeta, relacionando, Cor, Frequência e Comprimento de Onda.



Fonte: WADE (2017).

Relacionar as cores com o arco-íris com a luz do Sol e a radiação eletromagnética se mostra importante neste ponto. O phet do colorado espectro de corpo negro ajuda a conceituar Corpo Negro e Radiação de corpo Negro, pois, mostra graficamente a relação entre temperatura e intensidade luminosa com a frequência. Ainda com o phet busca-se os conceitos da Lei de Wien, Lei de Planck e Boltzmann, mostrando visualmente aos alunos a relação com Corpo Negro.

Para o experimento precisamos uma fonte luminosa próxima a do Sol, então, usa-se softer de celular chamado luxímetro para medir a intensidade luminosa das lâmpadas e do Sol, chegando à lâmpada infravermelha de 2500K e 250W utilizada para aquecimento e secagem. A figura 20 mostra imagem do celular e a medida do lux do Sol e da lâmpada respectivamente.

Figura 20: A imagem mostra a intensidade luminosa medida pelo luxímetro do Sol e da Lâmpada escolhida para o experimento. A lâmpada infravermelha fornece a mesma luminosidade que o sol sobre um objeto próximo a ela. Destacamos que o aquecimento ocorrerá em virtude de todo o espectro de radiação da lâmpada.



Fonte: O autor

Agora para o experimento, precisamos de latas de alumínio pintadas de cores diferentes, dentre elas pelo menos uma branca e uma preta, termômetros a lâmpada de aquecimento, e segue as orientações do roteiro investigativo. A figura 21 traz a montagem do experimento.

Figura 21: Aparato e materiais para o experimento que mostra a absorção da Radiação térmica em função da cor de um objeto.



Fonte: O autor

Dentro das latas colocar 250ml de água registra a temperatura inicial e a cada 2 minutos deve fazer movimentos giratórios sem tirar a lata debaixo da lâmpada, num tempo total de 20 minutos. Este experimento reafirma o conceito de corpo negro, neste caso pela absorção e no caso do Sol pela emissão. Outro ponto forte deste experimento é de que a cor da lata está diretamente relacionada a temperatura da água dentro dela, mostrando a característica da absorção da radiação eletromagnética devido a cor (Portal do professor, MEC). Então com este experimento é possível entender a razão de se usar uma lata de alumínio pintada de preto no próximo experimento.

#### PARTE 5: Calculando a Temperatura do Sol.

Esta parte desta TLS é onde será respondida à pergunta inicial, como medir a temperatura do Sol? Então o objetivo aqui é medir a temperatura do Sol, reafirmar o conceito de corpo negro, radiação eletromagnética e o estudo mais profundo da Lei de Stefan-Boltzmann. Para deixar a turma motivada e aumentar as expectativas voltamos a fazer algumas perguntas como: Como calcular a temperatura do sol daqui da Terra? Vimos nas aulas anteriores conceitos de física moderna e conceitos de termodinâmica, como relacioná-los com a temperatura do sol? Neste momento revive toda TLS estudada até agora, pois, estes conceitos são importantes para se chegar à resposta.

Na primeira parte da experiência usamos latas pintadas com tinta fosca preta para evitar ao máximo a reflexão do calor, de tamanhos e dimensões distintas com a mesma quantidade de água, 250ml e segue o roteiro da aula anterior. O objetivo é

estabelecer a melhor lata no cálculo da temperatura do Sol. A figura 22 nos mostra a montagem do experimento.

Figura 22: Montagem do experimento de absorção de calor em um corpo negro para mostra a Lei de Stefan – Boltzmann. A fonte de calor é uma lâmpada de potência conhecida, que é fixada numa distância definida.



Fonte: O autor

Foi calculada a quantidade de calor absorvido por cada lata num tempo de 10 minutos, lembrando que deve ser feito movimentos giratórios a cada 2 minutos, dando ênfase na radiação de Corpo Negro e sua capacidade de absorção de calor. Feito isso as equipes escolheram a lata que acharam melhor.

Na segunda parte do experimento os alunos recebem o roteiro investigativo e realizam o cálculo da temperatura do Sol com uso da Lei de Stefan-Boltzmann, a figura 23 mostra como o experimento foi montado.

Figura 23: Montagem do experimento tendo como fonte de radiação o Sol sobre Lei de Stefan – Boltzmann e Temperatura do Sol. A sombra das latas fornecerá a área atingida pelo fluxo de radiação.



Fonte: O autor

O tempo deste experimento foi de 10 minutos, fazendo movimentos giratórios a cada 2 minutos, deixando a mistura homogênea. Após, com os registros dos dados coletados no experimento calculamos a temperatura do Sol seguindo a orientação do roteiro e quando necessário do professor. A sequência da figura 24 mostra um

resultado obtido após a experimentação e cálculos necessários para obtenção da temperatura do Sol.

Figura 24: Cálculo da temperatura do Sol.

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} T_0 = 20,6^\circ\text{C} \\ T = 24,7^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 4,1^\circ\text{C} \\
 \hline
 Q = m \cdot c \cdot \Delta T \\
 Q = 250 \cdot 1,41 \\
 Q = 1025 \text{ cal} \\
 \hline
 P = Q / \Delta t \\
 P = 1025 / 600 = 1,708 = 7,151 \text{ J/s} \\
 \hline
 Q_{\text{sol}} = P / A_{\text{sol}} \\
 Q_{\text{sol}} = 7,151 / (6,7 \times 12,3) \\
 Q_{\text{sol}} = 0,08677 \text{ J/s cm}^2 \\
 \hline
 P_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{\text{sol}} \\
 P_{\text{sol}} = 0,08677 \cdot 28,26 \cdot 10^{26} = 2,4521202 \cdot 10^{26} \text{ J/s} \\
 \hline
 P_{\text{total}} = A_{\text{sol}} \cdot \sigma \cdot T^4 \\
 2,4521202 \cdot 10^{26} = 3449,778232 T^4 \\
 \hline
 A_{\text{sol}} = 28,26 \cdot 10^{26} \text{ cm}^2 \quad P_{\text{sol}} = 2,4521202 \cdot 10^{26} \text{ J/s} \quad T = 5163,42 \text{ K}
 \end{array}$$

Fonte: O autor

Após 10 minutos de exposição ao Sol a variação de Temperatura foi de  $4,1^\circ\text{C}$ , com este resultado calculamos a quantidade de calor,  $Q = m_{\text{C\u00e1gua}} \Delta T$  recebida pela \u00e1gua durante o tempo de exposi\u00e7\u00e3o ao Sol, considerando  $c_{\text{C\u00e1gua}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ . N\u00e3o ser\u00e1 considerado o calor recebido pela lata porque a massa da lata \u00e9 pequena em rela\u00e7\u00e3o \u00e0 massa de \u00e1gua e o calor espec\u00edfico da lata tamb\u00e9m pequeno em rela\u00e7\u00e3o com o da \u00e1gua. Com o resultado da quantidade de calor absorvido no experimento determinamos a pot\u00eancia da radia\u00e7\u00e3o solar ( $E_{\text{total}}$ ) equivalente recebida por segundo,  $P = E_{\text{total}} / \Delta t$ , considerando que  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ . Seguindo com o c\u00e1lculo da energia da radia\u00e7\u00e3o recebida pela \u00e1gua por segundo e por unidade de \u00e1rea,  $Q_{\text{sol}} = (P/A)$ . Onde  $A$  \u00e9 a \u00e1rea da sombra da lata. calculamos a \u00e1rea da esfera que a energia irradiada pelo Sol atravessa:  $A_{\text{total}} = 4\pi R^2$ , onde  $R$  \u00e9 a dist\u00e2ncia Terra-Sol. Onde:  $R = 150\,000\,000 \text{ km} = 1,5 \times 10^{13} \text{ cm}$ . Na sequ\u00eancia calculamos a energia total ( $E_{\text{total}}$ ) ou pot\u00eancia total irradiada pelo Sol por segundo, isto \u00e9, a pot\u00eancia do Sol e o tempo ser\u00e1 dada pela equa\u00e7\u00e3o  $P_{\text{total}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{\text{terrasol}}$ . Por fim, usamos a Lei de Stefan-Boltzmann  $P_{\text{total}} = A \cdot \sigma \cdot T^4$  radia\u00e7\u00e3o de Corpo Negro. Onde:  $\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann (com valor de  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ) e  $r_{\text{sol}} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$ , para obten\u00e7\u00e3o da temperatura do Sol. Comparamos o resultado com o valor de refer\u00eancia  $P_{\text{total refer\u00eancia}} = 3,92 \times 10^{26} \text{ W}$  e  $T_{\text{sol}} = 5\,727 \text{ K} = 6\,000^\circ\text{C}$ .

Comparando o resultado obtido no experimento e o valor de refer\u00eancia, os alunos percebem que o resultado n\u00e3o \u00e9 o mesmo. Professor e alunos buscam

justificar a diferença no resultado e o porquê isso ocorreu. No caso deste cálculo podemos perceber que houve um erro de 9,84%, que foi considerado pelo grupo aceitável devido às condições do experimento realizado.

Não pretendemos um cálculo exato do valor da temperatura, mas, um que se aproxima de nossa estrela, o Sol (IFUFRGS).

## PARTE 6: Explorando o Conhecimento

O objetivo para finalizar a SEA é de que os alunos percebam as implicações tecnológicas, sociais e culturais que envolvem o conceito de energia térmica dentro da Termodinâmica e da Física Moderna. Pois, os PCNs de física dão ênfase à compreensão de fenômenos tecnológicos.

A discussão se dá através da discussão da Terra com o Sol por meio da radiação eletromagnética, e usos dessa fonte de energia. A aula se inicia com uma incentivação, motivando os alunos a expor os conhecimentos científicos adquiridos da TLS e os conhecimentos do senso comum, fazendo perguntas como: O que é radiação eletromagnética? O que é um corpo negro? O que é um painel solar? Como funciona o painel solar? O que é transformação de energia? Como podemos usar essa energia transformada? O que é tensão elétrica? O que é corrente elétrica? O que é resistência elétrica? O que é um multímetro? Na forma de discussão com a turma.

Essa discussão se faz necessária para se chegar ao painel solar e o que ele faz. O painel solar pode ter sua função na forma fotovoltaica e térmica, gerando energia elétrica e térmica, que vai depender da finalidade dele. Neste experimento a função do painel solar será fotovoltaica, ou seja, conversão direta da radiação absorvida em energia elétrica. Isso ocorre devido a células fotovoltaicas que são compostas de materiais semicondutores (resistência elétrica), como o silício que ao serem atingidos pela radiação luminosa (Sol, lâmpadas, etc...) faz com que os elétrons se movam (corrente elétrica) no material condutor até que o campo elétrico seja formado devido a uma d.d.p. (diferença de potencial elétrico) entre os semicondutores, gerando eletricidade. A captação da radiação pelo painel solar vai depender da densidade de nuvens no céu, quanto mais limpo estiver maior será sua eficiência.

A discussão segue com corpo negro, lembrando o conceito aprendido durante a TLS e agora, a relação com painel solar. O painel solar precisa da presença do Sol para funcionar perfeitamente, a radiação eletromagnética emitida pelo corpo negro (Sol) será absorvida pelo painel que converterá em energia elétrica. Mas será que só a radiação solar faz isso? Na verdade, o que buscamos aqui é mostrar ao aluno que o painel solar necessita de radiação luminosa, o que significa que se tiver uma lâmpada (podendo ser considerada como corpo negro neste caso) qualquer ele converterá essa energia luminosa em energia elétrica, mas, sua intensidade de produção vai depender da intensidade luminosa da lâmpada (Potência elétrica).

A energia elétrica solar é considerada nos dias de hoje uma energia limpa e pode ser utilizada em qualquer equipamento elétrico. A partir deste ponto introduzimos o conceito de corrente elétrica, tensão elétrica (d.d.p.), resistência elétrica, circuito elétrico e as aplicações tecnológicas a partir deste conhecimento científico.

Seguindo com uma explicação sobre o funcionamento do multímetro e as ligações necessárias para medidas elétricas de resistor, corrente e tensão elétrica, as conexões da lâmpada, do painel solar e área do painel solar exposta x produção de tensão elétrica, vista através do multímetro. Os alunos recebem roteiro investigativo e desenvolvem o experimento. A figura 25 mostra a montagem.

Figura 25: A imagem à esquerda mostra os materiais utilizados no experimento com o suporte que direciona a radiação luminosa, multímetro, painel solar e lâmpadas e a imagem à direita destaca o painel solar e o multímetro.



Fonte: O autor

O experimento foi realizado com três lâmpadas distintas onde o aluno percebe que a potência da lâmpada e a área exposta do painel solar, está diretamente relacionado com a produção de energia elétrica.

Então abordamos os conceitos dentro da eletricidade de tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e medidor elétrico (multímetro) ficando no cognitivo do aluno, sendo aprofundados no terceiro ano do EM (Portal do professor, MEC).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta aqui apresentada visa introduzir o conceito de corpo negro, um dos conceitos fundamentais que originou a teoria da Física Quântica, no ensino médio a partir de uma questão simples que pode ser feita por qualquer pessoa que tenha a curiosidade de conhecer a natureza. A pergunta “como medir a temperatura do sol?” é uma questão que pode surgir da observação da natureza associada as práticas cotidianas de verificar a temperatura climática, corporal, dos objetos, entre outras coisas. Além de atender as recomendações de contextualização do ensino de física, o trabalho pressupõe que o papel da educação básica é, entre outras coisas, desenvolver a curiosidade dos estudantes e incentivar a busca pelo conhecimento.

As características da emissão de radiação por um Corpo Negro não conseguiam explicação a partir do conhecimento da Física existente no final do século XIX. Quando em equilíbrio termodinâmico a taxa de emissão é igual à taxa de absorção. Sabia-se que o espectro de radiação emitida dependia da temperatura do corpo, de forma que obtido o espectro se podia determinar a temperatura. A explicação veio a partir da proposta de Max Planck, essencialmente teórica, de introduzir nas fórmulas conhecidas um valor de energia que era números inteiros de uma constante  $h$ , que ficou conhecida como constante de Planck, que significava a quantização da energia e o início de uma revolução nas estruturas da Física.

Evidentemente que o conhecimento foi evoluindo até chegar ao ponto em que não havia explicação plausível nos paradigmas vigentes. Com as possibilidades de medição de temperatura em escalas confiáveis, foi possível estudar os fenômenos térmicos. Tornou-se possível a caracterização de propriedades físicas que modificam com a temperatura e como cada corpo absorve ou emite energia. Grandezas como capacidade térmica, calor específico, calor latente das transições de fase surgem na construção da Termodinâmica e serão fundamentais tanto tecnologicamente quanto na estruturação da Física. Deve-se destacar a importância da temperatura na identificação do espectro não visível, da radiação infravermelha e ultravioleta.

Contudo isso, foi possível estudar os gases e obter espectros que levaram ao surgimento do conceito de corpo negro. Esse dinamismo da ciência e suas consequências para o cotidiano da sociedade, pode ser usado para sensibilizar o aluno. É importante mostra que a ciência está em constante evolução. Mas, só evolui por causa do seu rigor metodológico de duvidar, testar e provar.

Em termos metodológicos, na área pedagógica, pode-se afirmar que a proposta do trabalho flerta com a Metodologia de Ensino pela Pesquisa, ou pela Metodologia Baseada em Problemas. Pois, partindo-se de um questionamento, ou problema inicial, se desenvolve estudos, atividades e ações que buscam a construção do conhecimento necessário para respondê-la. A forma como a sequência é desenvolvida em sala de aula é uma decisão do professor considerando a realidade do ambiente e condições de trabalho.

Na sequência de aprendizagem proposta aqui há uma preocupação de que as atividades sejam objetivas com foco no que deve ser aprendido evitando que as dificuldades de produção, construção e montagem dos experimentos tragam distrações ou perdas de tempo. Acredita-se que estas dificuldades desestimulam os estudantes, principalmente os menos ativos. Além disso, o resultado final perde importância, e o tempo para observações, análises e outros questionamentos que levam ao aprendizado pretendido e discussão daqueles subjacentes, que necessariamente surgem, torna-se inexistente ou muito pouco.

No entanto, dos conhecimentos subjacentes que aparecem é possível destacar é exatamente a metodologia científica. Um dos métodos da pesquisa científica mais básico é aquele que envolve a observação, a definição da pergunta, a elaboração das hipóteses, o estudo, a construção do conhecimento que possibilitará comprovar ou não as hipóteses. A abordagem deste trabalho permite o desenvolvimento das competências e se inseri em dois eixos estruturantes da BNCC para o ensino médio: Investigação Científica e Processos Criativos.

A abordagem proposta não segue a linearidade cronológica dos estabelecimentos dos conceitos, nem a linearidade do desenvolvimento padrão dos currículos e livros textos. Talvez a linearidade e a morosidade dos livros textos e currículos sejam fatores que desestimulam os estudantes. No cotidiano os conceitos físicos, ou das ciências, não se apresentam de forma organizada em áreas, nem de forma cronológicas ou por períodos. De uma pergunta simples, advinda de uma observação curiosa, relacionada a terminologia se estrutura uma sequência de

aprendizagem que envolve a Termodinâmica, o Eletromagnetismo, a Óptica, a Astronomia e a Física Moderna busca-se estudos nessas áreas para estabelecer o conhecimento capaz de dar conta da resposta. Evidentemente que mergulha-se no mar da Termodinâmica, mas se usa o barco, os remos e as velas da Óptica e da Astronomia para se chegar a praia da Física Quântica. Para os estudantes isto é um exemplo de quão amplo é o conhecimento necessário para se responder uma pergunta simples. Além disso, é possível mostrar quantas outras perguntas são respondidas, ou outras não. Por exemplo, como medir a distância da terra ao sol? Ou como medir a massa da terra e do sol? Não temos régua, ou fita métrica e também balança, capaz dessa proeza. Então, como é possível que os cientistas conseguem?

É evidente que no ensino médio não se está formando físicos ou engenheiros. A formação é de cidadãos que decidiram sua formação mais adiante. Portanto, não se torna necessário ensinar o rigor da estrutura teórica da física. Do jeito que os livros didáticos apresentam seguindo um modo baseado apenas na estrutura matemática da física, onde o estudante é avaliado se sabe fazer as contas, não deve ser a melhor forma de ensinar física.

Muito se crítica em relação a matematização das aulas de física, isso não significa ser contrário a utilização da matemática no ensino de física. Um dos problemas é a matemática se tornar o foco, são as equações se tornarem foco e a fonte das frustrações do aprendiz. Para os alunos o sucesso significa encontrar o resultado numérico exato solicitado no problema, qualquer solução diferente é frustrante. É certo que problemas de formação em matemática leve a dificuldade de trabalhar com as equações. No entanto, a matemática é uma linguagem e uma ferramenta essencial para a física. Mas, é importante entender essa linguagem expressa comportamentos físicos observáveis que se pretende resumir e comunicar. Então, torna-se necessário focar o ensino no fenômeno físico para expor o comportamento das variáveis e conceitos observáveis e derivados. Esse comportamento pode ser expresso por equações matemáticas exatas, no entanto há limitações físicas, há condições do mundo real que não importa para matemática. Contudo, as equações permitem fazer previsões em relação as variáveis, ou até mesmo variável não prevista, que pode levar a testar a ampliação das hipóteses e interpretações do fenômeno observado.

Aqui surgem equações que relacionam variáveis observáveis, equações que são testadas e aprovadas para descrever fenômenos físicos. O propósito de seu uso

não é trabalhar matematicamente, é mostrar qual o fenômeno que ela representa e que seu uso permite calcular, prever uma situação, um comportamento e obter resultados que nos dá uma ideia inclusive de valores. Para o caso do Sol é certo que há detalhes e conhecimentos mais profundos para descrever as características do comportamento da sua temperatura, mas não um estudo, ou pesquisa completa não é objetivo do trabalho.

Quando a questão inicial é exposta para os alunos as respostas virão sustentadas nas concepções espontâneas a partir do conhecimento, pode ser até escolar, decorrente de aprendizagens anteriores. Assim, é um bom momento para registro e posterior análise do conhecimento prévio da turma.

A pergunta seguinte deve ser uma provocação para o estudo e a pesquisa que possibilite responder à questão inicial. É importante ouvir os alunos mais é fundamental que se lance perguntas que direcione o estudo. Questões como “o que é temperatura?”, “que é o sol?”, pode direcionar o estudo para a caracterização e levantamento de dados sobre o sol, e buscar a definição de temperatura.

Perguntar “como percebe-se o sol?”, significa como interagimos com o sol, leva a questão da luz do sol, da gravidade e podendo chegar aos ventos solares. Nesses questionamentos podem surgir como medir a distância da terra ao sol ou como medir a massa do sol. A importância de um estudo sobre o sol passa por sua importância para a vida na terra e agora, mais do nunca, como uma fonte de energia. Neste momento pode-se avaliar se a curiosidade inerente a um cientista foi despertada.

A definição de temperatura leva a observação de propriedades termométricas que conduz ao estudo da absorção e liberação de energia, de calor, ao estudo da capacidade térmica dos materiais e até transição de fase. A questão de como é possível modificar a temperatura das coisas, pode levar ao estudo da transferência de calor por condução, convecção e irradiação. Das propriedades termométricas é importante destacar a mudança de cor. Isto aliada a irradiação conduzirá o estudo para o campo que envolve o espectro de radiação. Mostrando-se a dependência do espectro de radiação com a temperatura, se introduz o conceito de corpo negro, se encaminha o estudo para mostrar as relações entre variáveis e a entrada triunfal das equações de Wien e de Stefan – Boltzmann. Na introdução do conceito de corpo negro uma pesquisa histórica gera uma possível leitura sobre o início da quantização da radiação, e da física quântica, destacando-se a proposta de Planck.

Finalmente, observa-se que este produto educacional pode gerar uma dinâmica de estudos que proporciona uma possibilidade de aprendizagem que se amplia a medida em que agrega a capacidade de ensino do professor, com sua iniciativa e boa formação, a curiosidade e interesse dos alunos em aprender mais sobre a natureza e a ciência. Evidentemente, as condições de trabalho é um definidor das ações e atividades, mas a proposta atende os parâmetros e as recomendações do ensino básico nacional com conteúdo curricular e promoção de desenvolvimento de habilidades e competências.

## REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. A filosofia do não. **In: Os pensadores**. PESSANHA, J. A. M. São Paulo: Abril Cultural, p. 4-87, 1978.

BARBOSA, Gabriel José Guimarães. Termodinâmica. Projeto Rumo ao ITA. 2017. **Apostila**. Disponível em: < [https://rumoaoita.com/wp-content/uploads/2017/02/gases\\_termodinamica\\_teorita.pdf](https://rumoaoita.com/wp-content/uploads/2017/02/gases_termodinamica_teorita.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2017.

BORGES, O. Formação inicial de Professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 28, nº 2, p. 135-142, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais – Ensino Médio**. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciência da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC 2ª versão**. Brasília, DF, 2016.

BRITO, Rosa Maria Cavalcanti; **O Professor, a Aprendizagem Significativa e a Avaliação: Base para o Sucesso Escolar Do Aluno**. Disponível em PDF em: <[http://www.anpae.org.br/seminario/ANPAE2012/1comunicacao/Eixo03\\_38/Rosa%20Maria%20Cavalcanti%20Brito\\_int\\_GT3.pdf](http://www.anpae.org.br/seminario/ANPAE2012/1comunicacao/Eixo03_38/Rosa%20Maria%20Cavalcanti%20Brito_int_GT3.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2017.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, 2013.

COLLINS, A., JOSEPH, D.; & BIELACZYK, K. (2004). **Design research: Theoretical and methodological issues**. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

DINIZ, Leonardo Gabriel. **Através do universo – Qual é a idade do universo? Grupo de Estudos e Divulgação de Astronomia – GEDAI**. INTERCAMP do CEFET. Minas Gerais, 2018. Disponível em: <<http://www.gedai.cefetmg.br/2018/07/12/atraves-do-universo-qual-e-a-idade-do-universo/>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

GOUVEIA, Rosimar. **Condução Térmica**. 2018. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/conducao-termica/>>. Acesso em: 11 set. 2017.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: mecânica**. Volume 1. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. Volume 4. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HAMILTON, Calvin J. **O sol**. Traduzido por Kepler Oliveira. 1997. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm>>. Acesso em: 01 set. 2017.

KEPLER S. Oliveira e Saraiva; OLIVEIRA Maria F. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre. 1994.

KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J.; BATISTA, I. L. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...] IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013. v. 1. p. 1-9.

KNEUBIL, Fabiana Botelho; PIETRECOLA, Maurício. **A PESQUISA BASEADA EM DESIGN: VISÃO GERAL E CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**, 2017. Artigo.

LEMKE, J.L., **Aprender a hablar Ciencia**, Buenos Aires, Paidós, 1997.

LEITHOLD, Angelo Antonio. PEREIRA, Oneide José. **O Sol**. Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE - Faculdades Integradas Espírita - FIES - Campus de pesquisas geofísicas Major Edsel de Freitas Coutinho - Convênio 2006-2012. 2010. Disponível em:  
<<https://sites.google.com/site/anomaliamagneticaatlanticosul2/home/sol>>. Acesso em: 06 set. 2017.

MARTINI, Gloria; SPINELLI, Walter; Reis, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física 2**. São Paulo – Editora Moderna, 2014.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. **Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research**. *International Journal of Science Education*. v.26.n 5. 2004.

MOREIRA, Marco A. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. 195p. ISBN 851232140.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa crítica. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 2000.

MOREIRA, M.A. OSTERMANN, F.; **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no ensino médio"**. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 5, nº. 1, 2000.

MOREIRA, Marco A.; MASSORI, Neuza. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. Instituto da física – UFRGS, 2016

MOREIRA, Marco Antônio; **Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente** (pdf), 2017. Disponível em:  
<<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em novembro de 2017.

MULLER, Alexei Machado; Saraiva, Maria de Fátima Oliveira; Saraiva, Kepler de Souza Oliveira. Aula 6 - Teoria da Radiação. **Apostila**. PDF. Disponível em:  
<[https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n30\\_Muller/aula2/aula2f.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n30_Muller/aula2/aula2f.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

NOVAES, Marcel e Studart, Nelson. **Mecânica Quântica Básica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. (Série MNPEF)

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica**, v. 1, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1987.

NUSSENZVEIG, H.M., **Curso de Física Básica**, v. 3, São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1987.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica** – vol. 4. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1998.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso Básico de Física 2 - Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, 4ª edição, Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo 2002.

PEREZ, Silvana. **Mecânica Quântica. Um curso para professores da Educação Básica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. (Série MNPEF, v. 3).

PIAGET, Jean. **A Equilibração das Estruturas Cognitivas. Problema central do desenvolvimento**. Trad. Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, Jean. **Conversando com Jean Piaget**. Rio de Janeiro: Difel, 1978.

PIAGET, Jean. **Fazer e Compreender**. Trad. Cristina L. de P. Leite. São Paulo: Melhoramentos; EDUSP, 1978. 186p.

PIETROCOLA, M., OLIVEIRA, R. C. (2005). A. Análise do Sucesso das Estratégias e Recursos Didáticos Utilizados em uma Proposta Curricular de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. In **Anais... V ENPEC – SP**. Bauru, SP.

PIETROCOLA, Maurício. **Inovação curricular em física: transposição didática e a sobrevivência dos saberes**. Trabalho apresentado em mesa redonda no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – 2008

POLITO, Antony M. M. **A Construção da Estrutura Conceitual da Física Clássica**. Série MNPEF, v. 2, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

PSILLOS, D., TSELFES, V.; KARIOTOGLOU, P. An Epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids. **International Journal of Science Education**, 2004.

RIGDEN, J.S. **American Journal of Physics**. P.1067, 12 de dezembro, 1986.

ROCHA, José Fernando; PONCZEK, Roberto I. Leon; PINHO, Suani T.; ANDRADE, Rubim de; SILVA, Roberto F.; JUNIOR, Olival Freire; FILHO, Aurino Ribeiro. **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Ed. EDUFBA, 1ª ed., Salvador, 2002.

ROONEY, A., **A História da Física: Da Filosofia ao Enigma da Matéria Negra**. Ed. M.Books do Brasil, 2013.

RUDOLF. **A temperatura mais baixa é...** 2017. Disponível em: <<http://rudolf.pt/ciencia/temps/kelvin.htm>>. Acesso em: 09 set. 2017.

STENSMANN, Berenice Helena Wiener. Propagação do Calor. 2017. **Instituto de Física**. Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008\\_02/Berenice/aula3.html](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Berenice/aula3.html)>. Acesso em 01 set. 2017.

SILVA, Sandra Maria da. **Uma Experiência de inserção de astronomia e física moderna no ensino médio a partir do sol**. Natal, 2015.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. O que é infravermelho? **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>>. Acesso em 10 de set. de 2017.

SCHUTZ, B. **A First Course in General Relativity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

TERRAZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro, LTC Editora, 2010.

VALADARES, E. C; MOREIRA, A M. **Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 15, n. 2: p. 121-135, ago. 1988.

VERONEZ, Wanderley Marcílio. **Experimentos sobre absorção e emissão de radiação térmica e visível com adaptação do Cubo de Leslie**. Ponta Grossa, 2016.

VYGOTSKY, L. S. (1962). **Thought and language** (E. Hanfmann & G. Vakar, Eds. and Trans.). Cambridge, MA: MIT Press. (Original publicado em 1934)

WADE, Elton. **A interpretação quântica e relativística da natureza - as ciências naturais e a matemática no mundo atual**. Conscientização do espectro autista. 2017. Disponível em: <<https://medium.com/@eltonwade/cap%C3%ADtulo-3-efeito-fotoel%C3%A9trico-3de7f9fd9416>>. Acesso em: 04 set. 2017.

WIKIWAND. **Radiação eletromagnética**. Artigo coletivo. Disponível em: <[https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)>. Acesso em: 01 set. 2017.

## APÊNDICE - Orientações da TLS

Aula 1: Mobilização. (1h/a)

### **Incentivando os alunos.**

Caro professor, o objetivo desta aula inicial é incentivar os alunos na busca da resposta à pergunta COMO MEDIR A TEMPERATURA DO SOL?, na forma de mapa mental. Portanto já no início da aula faça a pergunta aos alunos, apresente alguns fatos importantes sobre o Sol e deixe que interajam entre si sobre a pergunta. Ande pela sala e interaja com os alunos de forma que pensem ainda mais de como responder a pergunta, quais conhecimentos serão necessários para isso.

### **Seguindo em frente.**

Nesta etapa explique a pergunta, fale sobre processos de medição, sobre instrumentos de medida de Temperatura e explique mapa mental a turma. Em seguida distribua uma folha com as perguntas: O que medimos? O que é temperatura? O Sol tem temperatura muito alta? Quais as dificuldades dessa medição? O que precisamos aprender para responder a pergunta? Definir temperatura? Aprender o que significa variar temperatura? Como conseguimos variar a temperatura? Como observar que a temperatura variou? Há propriedades dos materiais que variam com a temperatura? O que isto significa? Como construir equipamentos que medem temperatura? O que medimos? Como medir a temperatura do Sol? deixando que os alunos interajam entre si por um tempo. Agora monte com eles o mapa mental no quadro direcionando a turma sobre os conhecimentos necessários para se chegar a resposta da pergunta. Explique a eles que os conhecimentos necessários expostos no mapa mental serão distribuídos em uma sequência de ensino-aprendizagem (TLS) com início na próxima aula. Professor, espera-se que ao final da aula os conceitos físicos necessários para responder à pergunta, Como medir a temperatura do Sol? sejam: Termômetro, equilíbrio térmico, temperatura, lei zero, propriedades térmicas, energia, propagação da energia, calor, Lei zero, transferência de energia, propriedades térmicas, agitação das moléculas, energia das moléculas, calor, capacidade térmica, dilatação, calor específico, transição de fase, calor latente, transferência de energia, contato, condução, convecção, radiação, estrutura da matéria, energia cinética e potencial, Stefan- Boltzmann, corpo negro, Lei de Planck, Lei de Wien, Microscópico x Macroscópico.

Aula 2: A sequência de ensino-aprendizagem (TLS). (2h/a)

**O início, entrando no clima. (1h/a)**

O objetivo neste ponto professor é conceituar temperatura, temperatura de um corpo e escalas termométricas. Professor, no início da aula faça as perguntas: O que vocês entendem por temperatura? Como você sabe que está com febre? O que é temperatura? dando um tempo para discutir e formular uma resposta no caderno. Discuta com os alunos as respostas, direcionando a conversa para o conceito de temperatura. Use o software phet do colorado estados da matéria: básico, uma aproximação do mundo microscópico das moléculas, no laboratório de informática ou na tv para mostrar ao aluno que a energia interna das substâncias neônio, argônio, oxigênio e água são diferentes para uma mesma temperatura, generalizando para todas as substâncias. Neste ponto o conceito de temperatura deve estar claro ao aluno. Em seguida distribua termômetros para os alunos manusearem e vivenciar o mundo macroscópico da temperatura, buscando observar o aumento ou diminuição da coluna líquida, a substância termométrica do termômetro, dando ênfase na medição da temperatura, o tempo que isso leva e quando cessa o que aconteceu? Levando o aluno ao conceito de equilíbrio térmico, a Lei zero da termodinâmica. Para finalizar esta aula falar de escalas termométricas e estabelecer uma relação entre as três principais, escala Celsius, escala Fahrenheit e escala Kelvin. Deixe três exercícios para os alunos fazerem e entregar na próxima aula.

**Preparando para o estudo do calor. (1h/a)**

Professor, o objetivo aqui é que o aluno consiga diferenciar calor específico, de capacidade térmica e calor sensível de calor latente. No início da aula fazer uma breve explicação com exemplos do cotidiano do aluno como por exemplo: se for fazer uma xícara de café quanto de água coloco na chaleira para esquentar? e se colocar o dobro o que ocorre? porque? com o café pronto que tipo de recipiente devo utilizar para tomar? posso utilizar um recipiente de alumínio? porque? De posse das respostas, partiu experimentar.

**Experimento 1: Conceituando Calor específico**

Materiais: 3 balões, 3 velas, areia, água, suporte para prender os balões, colocar a areia e a água dentro do balão com mesma quantidade, ficando um balão com areia, um com água e outro com ar, prender os balões no suporte e abaixo deles colocar as velas acesas ao mesmo tempo e observar o que ocorre. A figura 1 abaixo mostra como ficou a montagem do experimento.

Figura 1: Montagem do experimento calor específico.



Foto: O autor

Professor, este experimento é feito por você, os alunos observam e buscam justificar o ocorrido. O professor lembra os alunos das respostas das perguntas iniciais e direciona os alunos dando informações sobre o calor específico da areia, do ar e da água, respectivamente, diz também que quanto menor o calor específico mais a substância consegue variar sua temperatura, conseqüentemente estourando o balão. Um exemplo como um dia de Sol na praia citando a areia e a água e suas respectivas temperaturas durante o dia e durante a noite pode ajudar no entendimento do conceito de calor específico, chegando a resposta de que é uma característica da substância. Peça relatório do experimento com detalhes.

Experimento 2: Agora os conceitos estudados serão, calor latente, calor sensível e capacidade térmica.

**Materiais:** 2 lamparinas, 4 vasilhas, fósforo ou similar, gelo, água, 2 velas, termômetros, acender as lamparinas, colocar em uma das vasilhas 100 ml de água e na outra 200 ml de água, colocar os termômetros dentro dos recipientes com água, verificar a temperatura e levar ao fogo, observar o que ocorre. Nas outras duas vasilhas fazer o mesmo procedimento só que agora inserir pedras de gelo em mesma quantidade e observar o que ocorre. A figura 2 mostra a montagem do experimento.

Figura 2: Montagem experimento capacidade térmica, calor sensível e calor latente.



Foto: O autor

Professor, chame a atenção dos alunos sobre a substâncias dentro dos recipientes ser a mesma, logo, o calor específico também será o mesmo, em seguida, pergunte aos alunos se a variação de temperatura dos recipientes está sendo na mesma proporção. Conceitue junto com os alunos capacidade térmica como sendo característica da massa de substância em cada recipiente. Na continuidade do experimento continue motivando o aluno na observação da variação de temperatura nos recipientes, para perceberem que chega um momento onde a temperatura não estará mudando, explicando que houve uma variação na temperatura, sem mudança na estrutura física das moléculas, e isso, é o calor sensível. Na sequência do experimento professor, chame a atenção do aluno para o fato de que a temperatura não está variando, permanecendo constante, agora o calor trocado está sendo utilizado para alterar o grau de ligação entre as moléculas, mudando seu estado físico e isso é chamado de calor latente. Professor, faça uma discussão sobre os conceitos aprendidos nos experimentos, formalize os conceitos, mostre como a matemática ajuda nas quantidades necessárias de calor para que cada etapa da experimentação ocorra e suas respectivas unidades de medidas (SI). Peça relatório dos experimentos com detalhes.

Aula 3: Segue a TLS. (1h/a)

### **Propagando calor**

O objetivo aqui professor, é entender como ocorre as transferências de calor por condução, por convecção e por radiação e a diferença entre temperatura e calor. Para motivar a turma neste novo conhecimento científico o professor faz uma explicação com situações do cotidiano do aluno, para que a construção deste conhecimento parta do senso comum ao científico. Perguntas como: a transferência de energia ocorre da mesma forma? O que vocês percebem quando colocam uma mão na parte de madeira e a outra mão na parte de metal da carteira onde estão sentados? alguém pode descrever o aquecimento de uma chaleira cheia de água? Porque nas geladeiras comuns o freezer fica na parte de cima com prateleiras gradeadas e nas geladeiras mais modernas pode estar em cima ou em baixo com prateleiras inteiriças? O que ocorre quando nos aproximamos de uma churrasqueira em funcionamento? Por quê? após a discussão sobre as respostas destas perguntas o aluno percebe que o calor não se transfere de uma parte a outra da mesma maneira. Agora professor, partiu experimentar, relacionando teoria-prática. O primeiro

experimento o conceito abordado será condução de calor em diferentes substâncias, vejamos:

**Experiência 3:** Transferência de energia por condução.

Um fio de cobre de 6mm com 30 cm de comprimento, um fio de alumínio de 6mm com 30 cm de comprimento, um fio de ferro de 6mm com 30 cm de comprimento e um palito de madeira de 6mm com 30 cm de comprimento e papel alumínio na ponta do palito de madeira. Em cada haste citada (cobre, alumínio, ferro e madeira) deve grudar com vela aproximadamente 5 percevejos com uma distância de 2 cm um do outro. Fixar as hastes no suporte e ajustar uma vela na ponta de cada haste, quando tudo estiver organizado em seu devido lugar acender as velas ao mesmo tempo e verificar o que ocorre num tempo de 10 minutos. A figura 3 mostra como ficou a montagem do experimento.

Figura 3: Montagem experimento de como ficam dispostas as hastes de diferentes materiais condução de calor.



Foto: O autor

Professor, chame a atenção do aluno para o fato dos percevejos grudados com vela começam a cair devido a condução de energia térmica e em tempos diferentes devido a diferença no tipo de material de cada haste. Então, além da condução de calor é perceptível o calor específico de cada material e a condutividade térmica, característica do mesmo.

**Experiência 4:** Transferência de energia por convecção.

Um espiral impresso em folha A4, uma linha de aproximadamente 30 cm que pode ser de costura ou de pescaria bem fina e uma agulha. Recortar o espiral na folha A4 e no centro fixar a linha com a agulha, acender uma vela e após segurar o fio na extremidade oposta ao espiral acima da vela o suficiente para que não queime o espiral. A figura 4 mostra a disposição do experimento.

Figura 4: A imagem do meio mostra o espiral cortado e como deve ficar disposto acima da vela no experimento convecção de calor.

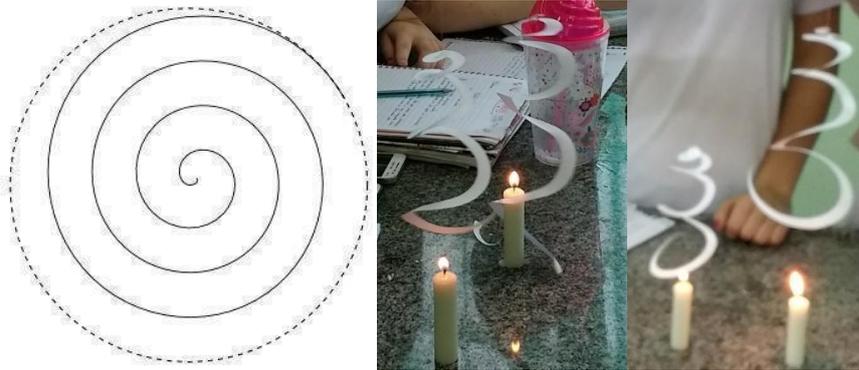


Foto: O autor

Professor, quando a espiral começar a girar, motive o aluno a justificar o ocorrido. Nessa conversa fale que o ar está se deslocando para cima e para baixo devido à diferença de densidade, ocasionada pela chama da vela. Então, o deslocamento de fluidos devido uma variação na temperatura chamamos de convecção térmica diferente da condução que se dá de molécula a molécula. Professor, agora é hora de falar sobre nosso Sol, pois, a energia de reações termonucleares vai do centro da estrela a superfície pelo processo de convecção solar.

Experiência 5: Transferência de energia por irradiação.

Uma vela e a mão. Com a vela acesa, aproxime, com cuidado, sua mão da vela até sentir calor, justificando qual o processo de propagação de calor neste caso. A figura 5 mostra como deve colocar a mão próximo a vela.

Figura 5: O esquema mostra como se deve posicionar a mão no experimento sobre irradiação de calor.



Foto: O autor

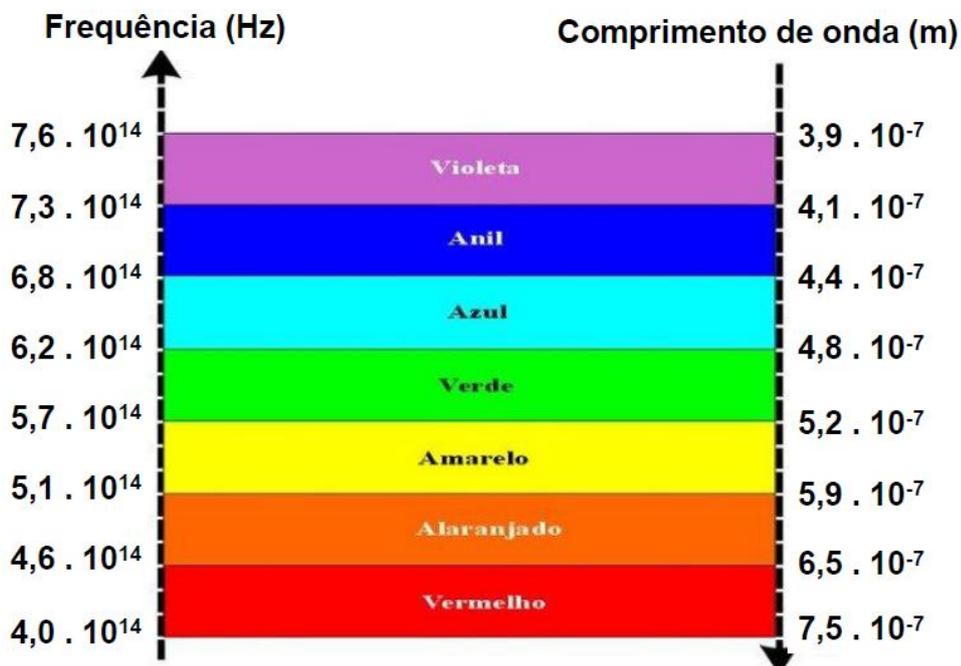
Professor, inspire os alunos a pensarem sobre a condução de calor e convecção de calor. Essa reflexão fará o aluno perceber que por condução precisa de um meio material para se propagar e por convecção o ar aquecido sobe ao invés de ir para os lados ou para baixo, descartando estas possibilidades. Então, percebendo que a propagação de calor está ocorrendo de forma diferente, por irradiação. Explique aos alunos que esta propagação do calor ocorre na forma de onda eletromagnética, e não precisa de um meio material para se propagar. Um exemplo é nosso Sol, pois, sentimos o calor irradiado por ele. Entre o Sol e a Terra, no espaço sideral não existe matéria, então, podemos descartar a condução térmica através de algum tipo de material e também a convecção térmica, pois, esse tipo de transporte de calor precisa de matéria para se propagar, logo, nosso Sol emite calor na forma de irradiação eletromagnética. Agora, retome as perguntas iniciais e motive o aluno a responder e justificar elas com os novos conhecimentos científicos aprendidos. Peça também ao aluno um relatório detalhado dos experimentos.

Aula 4: Continuando a TLS. (2h/a)

### **Iniciando a Física Moderna**

Caro professor, esta aula é muito importante para respondermos a pergunta inicial, como medir a temperatura do Sol? portanto um cuidado especial é necessário. O objetivo desta aula é que o aluno entenda a relação entre cor de um objeto, radiação eletromagnética, absorção térmica devido a cor, frequência, comprimento de onda e Corpo Negro. Para motivar o aluno faça algumas perguntas como: como o Sol transmite o seu calor até nós? Tem diferença usar uma camiseta branca ou uma preta em um dia ensolarado? Do que a luz visível é composta? Como vemos as cores? tem a ver com comprimento de onda e frequência? tem a ver com radiação eletromagnética? qual a cor que absorve mais o calor? Por quê? Ouviram falar em corpo negro? isso faz o aluno pensar, buscando de uma explicação coerente as perguntas. Após, uma breve discussão sobre as respostas das perguntas o professor deve iniciar a aula falando e mostrando a figura 6 sobre frequência, comprimento de onda e a relação com as cores.

Figura 6: A figura pode ser explorada na visualização ao aluno sobre Frequência x Comprimento de Onda x Cores



Fonte: WADE (2017)

Professor, de ênfase, mostrando ao aluno que as cores estão em certas faixas de frequência e comprimento de onda, sendo uma decomposição da luz do Sol, formando as cores do arco-íris e todas são ondas eletromagnéticas. Evoluindo este conhecimento para explicar corpo negro usamos o software phet do colorado espectro de corpo negro, o software mostra graficamente a relação entre temperatura e intensidade luminosa com a frequência, associando a Lei de Wien, Lei de Planck e Boltzmann para corpo negro (OBS: deixe bem claro ao aluno isso).

No estudo seguinte usaremos outro software, mas agora de celular para medir intensidade luminosa de lâmpadas e do Sol, o luxímetro. Peça para que os alunos baixem antecipadamente o software. Como vamos realizar o experimento no laboratório precisamos de uma lâmpada que se aproxime da radiação luminosa do Sol. Após, as medições percebemos que a lâmpada infravermelha de 2500K e 250W utilizada para secagem e aquecimento seria a mais indicada. A figura 7 mostra imagem do celular e a medida do lux do Sol e da lâmpada respectivamente.

Figura 7: As imagens abaixo mostram a intensidade luminosa do Sol (a direita) e da lâmpada (a esquerda).

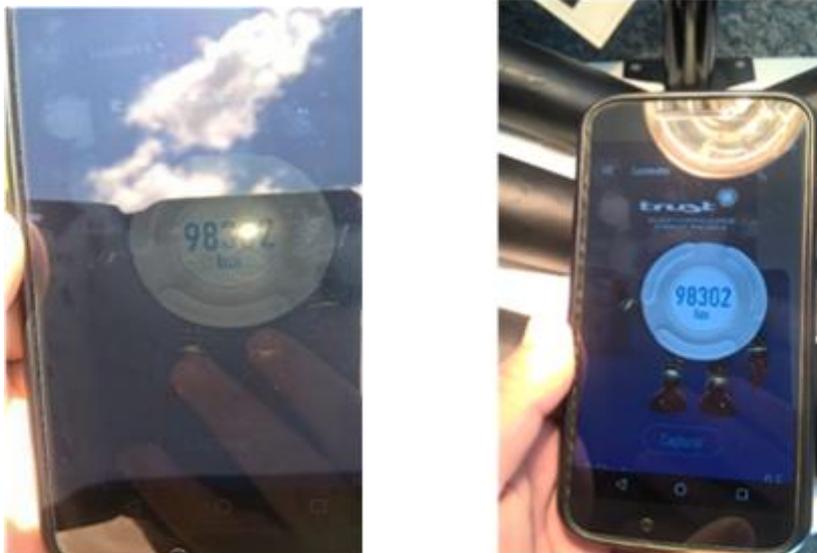


Foto: O autor

Agora professor, partiu experimentar.

#### Experimento 07: Radiação Térmica e Cor de um Objeto

Latas de alumínio pintadas com cores diferentes, termômetros e 250 ml de água dentro de cada lata. Deixar o conjunto sobre a lâmpada em torno de 10 minutos fazendo movimentos de rotação a cada 2 minutos, observar a temperatura e registrar. A figura 8 mostra como ficou a montagem do experimento.

Figura 8: A imagem mostra a disposição dos materiais necessários para o estudo de Radiação térmica e cor de um objeto.



Foto: O autor

O experimento confirma o conceito de corpo negro, neste caso pela absorção e no caso do Sol pela emissão. Outro ponto forte deste experimento é de que a cor da lata está diretamente relacionada a temperatura da água dentro dela, mostrando a característica da absorção da radiação eletromagnética devido a cor. Pergunte ao aluno qual cor a lata variou menos a temperatura? qual variou mais a temperatura? qual absorve mais calor? qual absorve menos calor? e por fim, para calcular a temperatura do Sol, qual cor devo usar na lata? Com estas respostas seguimos em frente.

Aula 5: Pegando fogo a TLS. (2h/a)

### **Como calcular a temperatura do Sol?**

Professor, esta parte da TLS é onde respondemos a pergunta inicial, como calcular a temperatura do Sol? então o objetivo é medir a temperatura do Sol, corpo negro, radiação eletromagnética e o uso matemático da Lei de Stefan-Boltzmann. Para motivar os alunos fazemos as perguntas: Como calcular a temperatura do sol daqui da Terra? Vimos nas aulas anteriores conceitos de física moderna e conceitos de termodinâmica, como relacioná-los com a temperatura do sol? buscando nos conhecimentos aprendidos reviver toda a TLS estabelecendo uma relação da Física Clássica à Física Moderna, é importante deixar claro isso para aluno.

### **Primeira parte**

Nesta primeira parte vamos realizar o experimento com latas de alumínio de tamanhos distintos pintadas com tinta preta fosca (para evitar a reflexão de calor ao máximo) como vimos no experimento anterior ela absorve quantidade maior de calor e precisamos disso. Colocamos nas latas 250 ml de água medimos a temperatura inicial e seguimos o roteiro da aula anterior. Veja na figura 9 como ficou a montagem do experimento.

Figura 9: A imagem mostra a disposição dos materiais no estudo de Corpo negro x Lei de Stefan-Boltzmann



Foto: O autor

Deixamos durante 10 minutos com movimentos giratórios a cada 2 minutos, medimos a temperatura novamente e calculamos qual lata absorve melhor o calor e usamos na segunda parte do experimento.

### Segunda parte.

Professor, agora os alunos devem pegar a lata pintada com tinta fosca preta que decidiram no experimento anterior colocar 250 ml de água, registrar a temperatura inicial, levar o conjunto ao Sol durante 10 minutos com movimentos giratórios a cada 2 minutos. Lembre a sombra da lata também é importante, veja na figura 10 exemplos de como dispor as latas ao Sol.

Figura 10: Absorvendo radiação solar.



Foto: O autor

Agora segue roteiro do experimento.

#### Experimento 08: Lei de Stefan-Boltzmann e Temperatura do Sol

- 1º) Pegar uma lata de cor preta, um termômetro, um cronômetro e colocar 250 ml de água na lata.
- 2º) Anote a temperatura inicial do conjunto, posicione a lata ao sol de maneira que projete a maior sombra, formando um retângulo.
- 3º) Permaneça com a lata no Sol durante 3 a 10 minutos (a critério do aluno). Durante a exposição agite a lata para tornar mais homogênea a temperatura da água.
- 4º) Após anote o tempo e a temperatura final do sistema.
- 5º) A quantidade de calor,  $Q = m c_{\text{água}} \Delta T$  recebida pela água durante o tempo de exposição no Sol, considerando  $c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ . Não será considerado o calor recebido pela lata porque a massa da lata é pequena em relação à massa de água e o calor específico da lata também pequeno em relação com o da água.
- 6º) Determine a potência da radiação solar ( $E_{\text{total}}$ ) equivalente recebida por segundo,  $P = E_{\text{total}}/\Delta t$ , considerando que  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ .

7º) A energia da radiação recebida pela água por segundo e por unidade de área,  $Q_{\text{sol}} = (P/A)$ . Onde A é a área da sombra da lata.

8º) A área da esfera que a energia irradiada pelo Sol atravessa:  $A_{\text{total}} = 4\pi R^2$ , onde R é a distância Terra-Sol. Onde:  $R = 150\,000\,000\text{ km} = 1,5 \times 10^{13}\text{ cm}$ .

9º) A energia total ( $E_{\text{total}}$ ) ou potência total irradiada pelo Sol por segundo, isto é, a potência do Sol e o tempo será dada pela equação  $P_{\text{total}} = Q_{\text{sol}} \cdot A_{\text{terrasol}}$

10º) Pela Lei de Stefan-Boltzmann  $P_{\text{total}} = A \cdot \sigma \cdot T^4$  radiação de Corpo Negro. Com esta equação determinaremos a temperatura do Sol.

Onde:

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann (com valor de  $5,67 \times 10^{-8}\text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$r_{\text{sol}} = 6,96 \times 10^8\text{ m}$

11º) Comparação dos resultados com valor de referência  $P_{\text{total referência}} = 3,92 \times 10^{26}\text{ W}$  e  $T_{\text{sol}} = 5\,727\text{ K} = 6\,000^\circ\text{C}$ .

Professor ajude os alunos nos cálculos, muitos apresentam dificuldades em extrair raiz de quarta potência, mesmo com uso da calculadora. Ao final da aula discuta com eles os resultados obtidos, as diferenças, o porque não se chegou na exata temperatura do Sol, mostre a eles o conhecimento científico e as dificuldades experimentais e por fim relacione corpo negro, Lei de Stefan-Boltzmann, Lei de Wien e a Lei de Planck. Peça relatório com os mínimos detalhes.

Aula: Terra, Sol e aplicações tecnológicas na TLS. (2h/a)

### **Expandindo o conhecimento científico**

Caro professor, o objetivo desta aula é mostrar ao aluno as implicações tecnológicas que envolvem a Termodinâmica e a Física Moderna no cotidiano. No início da aula abre uma discussão com o aluno sobre radiação eletromagnética na forma de calor e seu uso em tecnologias. Para motivar o aluno a pensar e buscar na mente o conhecimento prévio fazer perguntas como: O que é radiação eletromagnética? O que é um corpo negro? O que é um painel solar? Como funciona o painel solar? O que é transformação de energia? Como podemos usar essa energia transformada? O que é tensão elétrica? O que é corrente elétrica? O que é resistência elétrica? O que é multímetro? as respostas a estas perguntas terão o conhecimento científico o que aprenderam na TLS e conhecimento do senso comum, que aprenderam com a experiência de vida até aqui.

Professor, insira o conceito de painel solar e deixe que o aluno fale sobre isso, ao final explique que o painel solar pode ser utilizado na forma fotovoltaica e térmica, dependendo da finalidade desejada. Faça uma pequena explanação do funcionamento do painel solar falando dos elétrons, semicondutores, condutor, campo elétrico, corrente elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica. Após, mostre o circuito elétrico que será utilizado, como funciona o multímetro, circuito em série e em paralelo e por fim que o painel solar depende da luminosidade (potência luminosa), use lâmpadas de potência diferente para isso e segue a experimentação.

### **Experimento 09:** Painel Solar, Corpo negro e Energia Elétrica

- 1º) Pegar uma lâmpada e colocar no suporte. (incandescente, fluorescente ou led)
- 2º) Pegar o painel solar e multímetro, tampar 2/3 do painel solar e colocar abaixo da lâmpada, anotar o que acontece no multímetro, em seguida fazer o procedimento com 1/3 tampado e após totalmente livre, sempre anotando o que acontece no multímetro.
- 3º) Pegar o circuito led e resistor, conectar em série e em paralelo com o multímetro.
- 4º) Após fazer estes procedimentos respondam as perguntas: Qual a função da lâmpada? Qual a função do painel solar? Qual a função do multímetro? Qual a função do circuito elétrico?
- 5º) Discussão dos resultados com a turma: Verifiquem se os resultados foram os mesmos, Porque os resultados foram diferentes? Quais os conceitos físicos abordados no experimento? Como eles foram abordados? Segue figura 11 de da montagem do experimento.

Figura 11: A imagem à esquerda mostra os materiais utilizados no experimento com o suporte que direciona a radiação luminosa, multímetro, painel solar e lâmpadas e a imagem à direita destaca o painel solar e o multímetro.



Fonte: O autor

Ao final da aula peça relatório da aula com detalhes.