



Produzido por uma aluna da turma

Fonte: Arquivo do autor (2024).



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA – UEPS

**O RÁDIO, A ANTENA E OS GASES DE EFEITO ESTUFA: UMA UNIDADE DE
ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA UM ESTUDO
TRANSDISCIPLINAR DOS PRINCÍPIOS FÍSICOS PRESENTES NO CLIMA E
SUAS MUDANÇAS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de
Financiamento 001.

DISCENTE: ERNANDE OLIVEIRA SOUZA

ORIENTADOR: PROF. Dr. LUIZDARCY DE MATOS CASTRO

COORIENTADOR: PROF. Dr. CARLOS TAKYIA

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

JUNHO – 2024

Apresentação

O Produto Educacional descrito a seguir, é parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF. A proposta esboça uma oportunidade para professoras e professores da Educação Básica, mais precisamente do Ensino Médio, abordarem conteúdos da Física contextualizados ao atual cenário do clima do planeta, abrangendo outros conhecimentos para além desse componente curricular, permeando outras áreas do saber e transcendendo cada uma delas, com a perspectiva de construir aprendizagens mais significativas e uma formação mais completa do indivíduo ao integrar diferentes saberes, ensejando aos educandos refletirem e agirem criticamente sobre as ações antrópicas e sua influência no clima.

Estruturado nas concepções da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1968) e a Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Marco Antônio Moreira (2005), o produto apresenta como problemática, de que maneira a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, de forma transdisciplinar, apresenta uma aprendizagem significativa e crítica sobre o estudo dos princípios físicos presentes no clima e suas mudanças, associadas aos gases de efeito estufa.

Para esta abordagem, foi construída uma UEPS tendo como objetivo versar sobre alguns dos princípios físicos presentes no clima, como, energia absorvida e emitida, potência de radiação, irradiância, albedo de um planeta, radiação de corpo negro, comprimento de onda máximo, temperatura de emissão espectral, interação da radiação com as moléculas dos gases da atmosfera e, espectro eletromagnético, explorando diversos recursos, como questionários, simuladores, textos didáticos, experimentos, vídeos, construção de mapas conceituais e aula expositiva dialogada utilizando slides, almejando a motivação e participação dos estudantes na construção do conhecimento.

No que diz respeito à transdisciplinaridade, este produto educacional enseja discutir a participação das mulheres, não somente na descoberta da ciência do clima, mas no desenvolvimento dos conhecimentos científicos em geral ao proporcionar uma discussão das descobertas de Eunice Foote comparadas às descobertas de Marie

Curie, conforme as videoaulas seção 2.4 e apêndice A, além de abordar as ações antrópicas que emitem gases de efeito estufa, o negacionismo das mudanças climáticas e outros temas, e o estreitamento de lacunas entre conhecimentos de outros componentes curriculares. Sob essa óptica, entende-se que o Produto Educacional representa uma ferramenta viável para expandir o ensino da Física e de alguns conteúdos relegados no modelo tradicional de ensino desse componente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acesso ao questionário Likert	10
Figura 2 - Ondas de rádio e campos eletromagnéticos	12
Figura 3 - Espectro eletromagnético	13
Figura 4 - Espectro eletromagnético	13
Figura 5 - Antenas emissora e receptora	15
Figura 6 - Imagens em infravermelho	17
Figura 7 - Controle remoto infravermelho	17
Figura 8 - Representação de um corpo negro	19
Figura 9 - Radiação de corpo negro	20
Figura 10 - Espectro de corpo negro	20
Figura 11 - Simulação de efeito estufa	21
Figura 12 - Simulação molécula e luz	22
Figura 13 - Efeito estufa e balanço energético	23
Figura 14 - Materiais para o experimento	24
Figura 15 - Modelo de mapa conceitual	25
Figura 16 - Mapa conceitual 1: leis da Termodinâmica	26
Figura 17 - Mapa conceitual 2: Ondulatória	26

LISTA DE GIFS

Gif 1 – Vibração da molécula de CO_2	22
Gif 2 – Vibração da molécula de CO_2	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Questionário Likert	10
--------------------------------------	----

SUMÁRIO

1.0 Introdução	7
1.1 Objetivo geral	8
1.2 Objetivos específicos	8
2.0 Aspectos sequenciais de uma UEPS	8
2.1 Passo 1: definição do assunto	8
2.2 Passo 2: levantamento de conhecimentos prévios	9
2.3 Passo 3: situação problema em nível introdutório	12
2.3.1 Ondas de rádio	14
2.3.2 Micro-ondas	15
2.3.3 Raios infravermelhos	16
2.3.4 Luz visível	17
2.3.5 Ultravioleta	17
2.3.6 Raio X	18
2.3.7 Raios gama	18
2.3.8 Física Quântica: radiação de corpo negro	18
2.4 Passo 4: Apresentar o conhecimento a ser aprendido levando em consideração a diferenciação progressiva	20
2.5 Passo 5: retomar os aspectos gerais em nível maior de complexidade	22
2.5.1: Passo a passo para efetuar o experimento	24
2.6 Passo 6: Conclusão da UEPS	25
2.7 Passo 7: Avaliação final da aprendizagem	27
2.8 Passo 8: Avaliação da UEPS	27
3.0 Referências	28
4.0 Anexos	30
Apêndice A: Links dos mini vídeos	35
Apêndice B: Outros materiais de apoio	35

1.0 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea, assim como em outras épocas, vive grandes desafios, seja no âmbito social, tecnológico, ambiental ou educacional. No âmbito escolar, os desafios são a necessidade de se adequar às novas demandas do mercado de trabalho e de um ensino mais contextualizado aos acontecimentos e realidades vivenciadas pelos estudantes. Conforme texto da BNCC (2017), a atual sociedade impõe um olhar inovador a questões centrais do processo educativo, como, o que aprender, para que aprender, como ensinar e promover aprendizagem, e como avaliar o aprendizado. O documento ainda ressalta a importância de avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta. Deste modo, a inserção do tema mudanças climáticas a partir das ações antrópicas e conteúdos de Física relacionados a esse tema é de extrema importância para a formação dos discentes nessa etapa final da educação básica.

Outro ponto fundamental que traz a importância de inserir nas escolas o assunto acerca das mudanças climáticas são as controvérsias que cercam esse tema. Dentre essas controvérsias, destacam-se as contribuições das ações antrópicas e dos gases de efeito estufa, foco deste trabalho, na intensificação de fenômenos climáticos extremos, como o aquecimento médio do planeta.

Diante de tal realidade, a Física como uma Ciência da Natureza apresenta subsídios para um estudo do clima por conter diferentes conceitos e leis aplicáveis à dinâmica do clima. Por outro lado, seu ensino carece de inovação e práticas que contribuam com uma aprendizagem significativa e não mecânica, proporcionando aos estudantes melhor percepção da importância dos conhecimentos desse componente curricular em seu cotidiano.

A UEPS apresenta uma proposta para trabalhar conteúdos de Física pertinentes aos princípios físicos do clima e suas mudanças associadas aos gases de efeito estufa. A sequência foi estruturada para turmas da 3ª série do Ensino Médio, o que não impede professores trabalharem a proposta em séries anteriores.

1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo transdisciplinar dos princípios físicos presentes no clima e suas mudanças.

1.2 Objetivos específicos

- Apresentar os princípios físicos presentes no clima, tais como energia absorvida e emitida, potência de radiação, irradiância, albedo, radiação de corpo negro e interação da radiação com as moléculas;
- Realizar experimentos e simulações em sala de aula;
- Versar sobre o efeito dos gases da atmosfera na temperatura da Terra;
- Construir mapas conceituais, cartazes e/ou relatórios que promovam a aprendizagem significativa e transdisciplinar;
- Realizar um debate acerca dos princípios físicos do clima e as mudanças climáticas.

2.0 Aspectos sequenciais de uma UEPS

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), conforme Moreira (2012), são sequências de ensino fundamentadas teoricamente para facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimentos a partir de situações-problema e organizadores prévios que levam em consideração aquilo que o educando já sabe. Dentro dessa proposta, os aspectos sequenciais seguem os princípios elencados para a construção de uma aprendizagem não mecânica, mas significativa, do tópico apresentado.

2.1 Passo 1: Definição do assunto

O tema a ser abordado na UEPS foram os princípios físicos presentes no clima, tendo como foco a interação dos gases de efeito estufa com a radiação eletromagnética, em especial o infravermelho e o CO₂, e o aumento da temperatura

média da Terra. Para isso, serão apresentados e discutidos outros conhecimentos relacionados: espectro eletromagnético, radiação de corpo negro, balanço de energia, albedo e irradiância de um planeta, dentre outros. A sequência está estruturada em 18 horas aulas, distribuídas dentro dos oito passos de uma UEPS, propostos por Moreira.

Na perspectiva da transdisciplinaridade, será discorrido um breve histórico da ciência do clima, enfatizando as contribuições das mulheres na ciência, o negacionismo científico, não somente das mudanças climáticas, mas de outros temas contemporâneos, as ações antropogênicas que acirram o efeito estufa e fenômenos naturais cada vez mais frequentes e intensos.

A abordagem desses tópicos proporcionará um estudo mais atraente e melhor compreensão de como os gases de efeito estufa agem na atmosfera ao interagirem com a radiação e seu papel nas mudanças ocorridas no clima. Concomitantemente, permite inserir um debate sobre as ações antropogênicas e os eventos climáticos extremos, cada dia mais comuns nos noticiários.

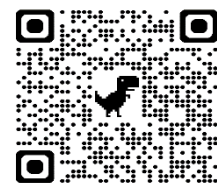
2.2 Passo 2: Levantamento de conhecimentos prévios

Nesse passo, serão criadas e apresentadas situações que instiguem os estudantes exporem seus conhecimentos, ideias e percepções sobre o assunto e tópicos abordados. Para esse propósito foi elaborado um questionário de múltipla escolha, modelo Likert (quadro1), utilizando o Mentimeter, para os discentes externalizarem seus conhecimentos relacionados ao tema. Além do questionário, serão trabalhados os seguintes textos didáticos como organizadores prévios: **“O extintor que vazou no carro da polícia”**; e **“O encontro do Radinho presunçoso com o oxigênio e o nitrogênio do ar”**.

Os textos podem ser acessados pelos QR code ou links abaixo.



https://drive.google.com/file/d/1BuDwwyQUnzbqLHElY4ijG77-NIG98OI/view?usp=drive_link



[https://drive.google.com/file/d/1E1d2lYzaXt1RB5Xxm4muJBy_26zWewuL/view?usp=drive link](https://drive.google.com/file/d/1E1d2lYzaXt1RB5Xxm4muJBy_26zWewuL/view?usp=drive_link)

Figura 1. Acesso ao questionário Likert



Quadro 1 - Questionário de levantamento de atitudes e opiniões sobre o efeito estufa

	Discordo muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo muito
A ciência do clima permanece completamente incerta.					
O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é uma tentativa de dominação por parte dos cientistas.					
O IPCC recusa todo debate científico racional com cientistas opostos às suas teses.					
A popularidade das teorias do IPCC resulta de uma difusão midiática unilateral e do apoio de certos partidos e líderes de opinião.					
A ecologia é simplesmente um ataque à modernização e desenvolvimento econômico.					
O que estamos passando seria apenas um aquecimento normal do sistema terrestre, precedendo uma era de resfriamento e glaciação.					
Os invernos em muitos locais têm sido mais frios, contradizendo a ideia de aquecimento divulgada por cientistas e pela mídia.					

O CO2 não aumentou em função das emissões de combustíveis fósseis, desde 1750.					
A teoria do “aquecimento global causado pelo homem” se baseia em modelos ou simulações fundadas em hipóteses e aproximações.					
A imprensa não apresenta a problemática do aquecimento global com o recurso crítico e a imparcialidade requeridos pela deontologia jornalística.					
Houve aumento das emissões antrópicas desde a revolução industrial, oriundas da queima de combustíveis, do desmatamento e da degradação florestal.					
A preservação ambiental cada vez mais é um assunto politizado, em um mundo globalizado e cada vez mais polarizado.					
Não há evidências físicas da influência humana no clima global.					
O clima está mudando devido a ação do ser humano.					
Ok, talvez as alterações climáticas sejam reais, mas não há nada a fazer – é tarde demais.					
As alterações climáticas são naturais e normais – já aconteceram noutros momentos da história.					
Não há consenso entre os cientistas de que as alterações climáticas sejam reais.					
O Sol tem passado por uma fase mais ativa, irradiando mais calor sobre nós provocando assim um aquecimento dos Planetas inclusive a Terra.					
O aquecimento global é o maior desafio da humanidade.					
As grandes inundações do Rio Grande do Sul e as secas prolongadas na Amazônia não tem a ver com as mudanças climáticas.					

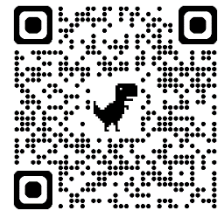
As fortes ondas de calor são consequências de uma fase mais ativa do Sol, irradiando mais calor e provocando assim aquecimento dos planetas.

2.3 Passo 3: Situação problema em nível introdutório

Nessa etapa, serão trabalhados alguns conceitos em nível introdutório, como por exemplo, como ocorre a transmissão dos sinais de rádio e TV. Para essa abordagem será realizado a simulação do *Phet*, ondas de rádio e campos eletromagnéticos, e a leitura e discussão de situações-problemas apresentadas no texto “**O super-herói que balançava o pente carregado.**” A simulação está disponível no endereço: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/radio-waves/latest/radio-waves.html?simulation=radio-waves&locale=pt_BR.

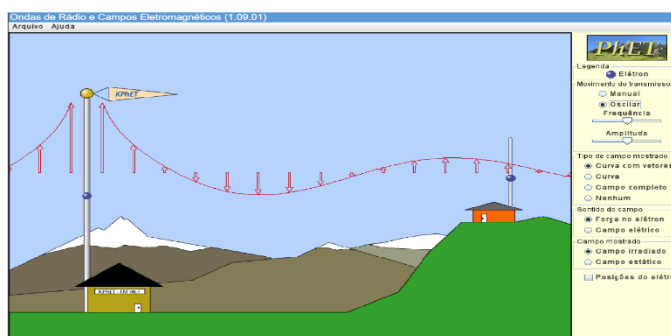
A partir da simulação, figura 2, os alunos serão estimulados a pensar como as antenas de rádio atuam na recepção das ondas eletromagnéticas geradas pelas antenas de transmissão.

Acesse o texto por meio do QR code, ou link abaixo



https://drive.google.com/file/d/1UtBzB6UI0qFqG245n17RNWtbNfoBxvOY/view?usp=drive_link

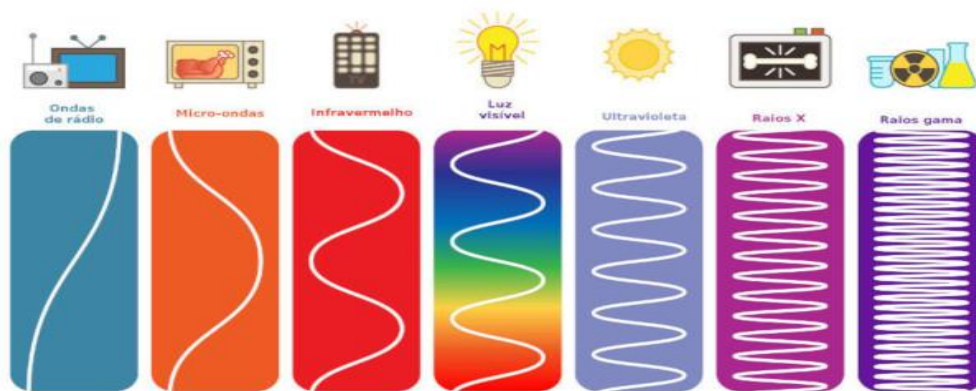
Figura 2: ondas de rádio e campos eletromagnéticos



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/radio-waves/latest/radio-waves.html?simulation=radio-waves&locale=pt_BR

Ainda nessa etapa, serão introduzidos os conhecimentos do espectro eletromagnético, suas faixas de frequência e comprimento de ondas (figuras 3 e 4), corpo negro e seu espectro de radiação. A abordagem desses tópicos será efetivada com aula expositiva dialogada com apresentação em slides e uso do *Phet* simulações.

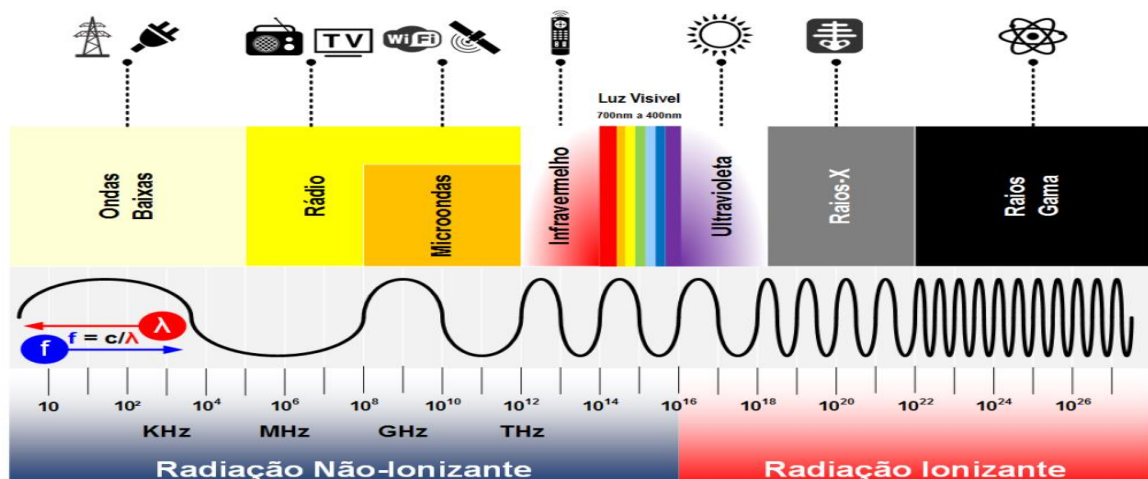
Figura 3: espectro eletromagnético



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnético.htm>. Acesso 08 de junho de 2024.

O Espectro eletromagnético é o intervalo de todas as frequências de ondas eletromagnéticas existentes. Geralmente é apresentado em ordem crescente de frequências, começando pelas ondas de rádio (maior comprimento), passando pela radiação visível até a radiação gama, de maior frequência (menor comprimento de onda).

Figura 4: espectro eletromagnético



<https://adenilsongiovannini.com.br/blog/espectro-eletromagnético/>. Acesso 28 de junho de 2024.

Para o estudo do conteúdo supracitado, foram utilizadas as seguintes referências:

- <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 08 de junho de 2024 às 11h40min.
- <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf>. Acesso em 08 de junho de 2024 às 15h23min.
- <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 08 de junho de 2024, às 15h53min.
- A Radiação do Corpo Negro e sua Influência sobre os Estados dos Átomos. Mirian Denise Stringasci, Instituto de Física de São Carlos.
- <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf>. Acesso em: 18/07/2024.

2.3.1 Ondas de Rádio

A região das ondas de rádio do espectro eletromagnético vai das ondas mais longas, cujo comprimento de onda é maior que o raio da Terra, até ondas com um comprimento de onda de um metro. As frequências correspondentes, que vão desde alguns quilohertz: 3 KHz até a ordem de 3 GHz, aproximadamente, possuindo o maior intervalo de frequência do espectro eletromagnético. Essas frequências são os números que aparecem nos mostradores dos aparelhos de rádio.

As ondas de rádio têm comprimentos de onda maiores que 1 m e são produzidas a partir de oscilações de elétrons em fios de circuitos elétricos. Sua distribuição espacial pode ser controlada quando a fonte (antena por exemplo) estiver ligada a um receptor. Existem várias subdivisões das ondas de rádio como AM e FM, que representam formas diferentes de se enviar o sinal, porém todas podem se propagar a grandes distâncias na atmosfera sendo por isso usadas em sistemas de comunicações como na transmissão de sinais de rádio e TV.

O movimento oscilatório dos elétrons em uma antena de metal pode gerar uma onda de rádio do tipo usada em telecomunicações. A aceleração dos elétrons produz ondas eletromagnéticas do mesmo modo que jogar uma pedra em um lago produz ondulações. Quando estas ondas encontram um outro objeto metálico (a antena receptora de um rádio, por exemplo), o campo elétrico da onda faz os elétrons

do objeto oscilarem. O movimento dos elétrons constitui uma corrente elétrica que os circuitos eletrônicos de um receptor de rádio ou um simples rádio de Galena, podem transformar em um sinal de rádio. Este sinal, por sua vez, produz uma onda sonora ao ser usado um alto-falante.

Figura 5. Antenas emissora e receptora



Rádio receptor AM e FM



Antena transmissora

Fonte: <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf>. Acessado em 08 de junho de 2024.

A onda de rádio possui a menor frequência de onda do espectro eletromagnético, na faixa de 10.000 Hz, assim, transporta pouca energia e, por consequência, possui o maior comprimento de onda, na faixa de 1000 m.

2.3.2 Micro-ondas

As micro-ondas são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 1 m e 1 mm, com frequências compreendidas, aproximadamente, entre $3 \cdot 10^9$ Hz e $3 \cdot 10^{12}$ Hz. Os satélites transmitem sinais à Terra através de micro-ondas. As micro-ondas podem ser consideradas como ondas curtas de rádio, por isso também são usadas para transmitir sinais telefônicos e de televisão. As antenas parabólicas usadas pelos assinantes de TV via satélite e as antenas em forma de cone nas torres de retransmissão que se veem ao longo das estradas são antenas de micro-ondas.

As mesmas ondas usadas na telefonia, na televisão e no radar também servem para cozinhar os alimentos. Nos fornos de micro-ondas, um circuito especial faz os elétrons oscilarem (agitarem) rapidamente, gerando micro-ondas. Essas micro-ondas são guiadas para o compartimento principal do forno, que é feito de um material que espalha as micro-ondas. Assim, as ondas permanecem no interior do forno até serem absorvidas por algum objeto. Acontece que as micro-ondas são fortemente

absorvidas por moléculas de água. Isto significa que a energia das micro-ondas é absorvida pela água contida nos alimentos e convertida em calor, cozinhando os alimentos.

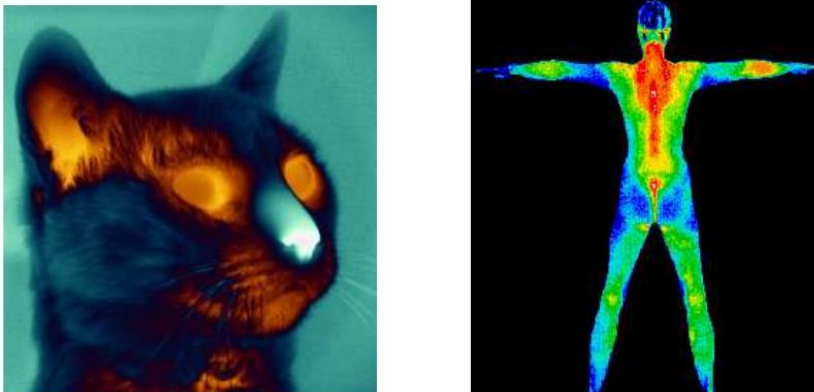
2.3.3 Raios Infravermelhos

Os raios infravermelhos são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 1 mm e aproximadamente $0,7 \mu\text{m}$, com frequências desde $3 \cdot 10^{12}\text{Hz}$ até $4,3 \cdot 10^{14}\text{Hz}$, aproximadamente. Recebem esta nomenclatura, pois elas têm frequência abaixo da correspondente à cor vermelha. Nossa pele, que absorve raios infravermelhos, funciona como uma espécie de detector natural para esses raios. Sentimos a presença de raios infravermelhos quando aproximamos as mãos de uma fogueira ou do elemento de um aquecedor (resistência) de ambiente.

Detectores de infravermelho são empregados para guiar mísseis na direção de aviões inimigos, aproveitando o calor das turbinas, e também para “ver” soldados e veículos inimigos à noite, pois essa radiação é um meio importante de efetuar “troca” de calor. Por isso pode referir-se ao infravermelho como radiação de calor. Insetos, como mosquitos e mariposas, e outros animais noturnos, como cobras e os gambás, são sensíveis aos raios infravermelhos, o que lhes permite localizar a presa mesmo na escuridão total.

Além de poder ser utilizado para aquecer, em razão de sua capacidade de fazer com que as moléculas de um corpo vibrem, o infravermelho é utilizado para cocção de alimentos, para o aquecimento de ambientes, para a produção de sistemas de detecção de presença e movimento, sensores de estacionamento, controles remotos (figura 7) e câmeras de visão térmica (figura 6).

Figura 6. Imagens em infravermelho

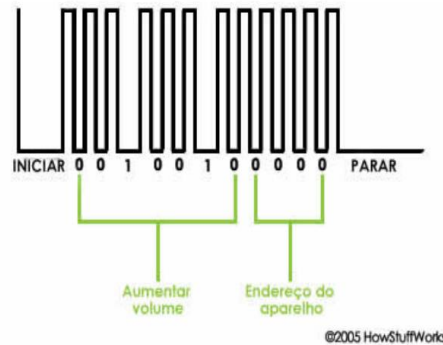


<https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/9Texto-4-Espectro-Eletromagnetico-Parte-II.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2025.

Figura 7. Controle remoto infravermelho



Controle Remoto Infravermelho



Exemplo de seqüência de pulsos

<https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/9Texto-4-Espectro-Eletromagnetico-Parte-II.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2025.

2.3.4 Luz visível

Localizada na região do espectro visível ao olho humano, conforme figuras 2 e 3 acima, é emitida pelo Sol e outras fontes terrestres. Possui comprimento de onda na faixa de 400 a 700 nm e frequência entre 430 e 750 terahertz (THz). A luz é emitida, geralmente pela transição de elétrons de um nível mais alto de energia para outro mais baixo por meio da liberação de fótons de luz.

2.3.5 Ultravioleta

Tem comprimentos de onda menores que a luz, entre 1 nm e 400 nm e podem ser produzidas em transições de elétrons nas camadas mais externas dos átomos,

sendo as fontes térmicas como o Sol, o principal mecanismo de produção. Tem frequência acima do intervalo da luz entre $7,5 \cdot 10^{14}$ a $3 \cdot 10^{17}$ hertz. Como nossa atmosfera absorve grandemente comprimentos de onda nessa faixa, a maioria dessa radiação não atinge a superfície terrestre. A exposição a essa radiação pode provocar queimaduras e outras consequências graves, como o câncer de pele.

2.3.6 Raio X

Possuem comprimentos de onda entre $0,01 \text{ nm}$ e 10 nm e frequências elevadas, entre $3 \cdot 10^{17}$ a $3 \cdot 10^{19}$ Hz. Podem ser produzidos em transições individuais dos elétrons nos níveis mais internos de um átomo quando partículas carregadas (como os próprios elétrons) são desaceleradas. Eles podem atravessar tecidos menos densos, mas são barrados pelos mais densos, como o tecido ósseo por exemplo, por isso são úteis em procedimentos médicos.

2.3.7 Raios gama

São as radiações eletromagnéticas com os menores comprimentos de onda, abaixo de 10 pm e são as mais penetrantes com frequência acima de $3 \cdot 10^{19}$ hertz. Assim como os raios X também são cancerígenos e ainda são capazes de provocar alterações genéticas que podem ser transmitidas aos descendentes da pessoa afetada. Essa radiação pode ser emitida em transições entre estados de núcleos atômicos ou devido ao decaimento radioativo de certas partículas elementares.

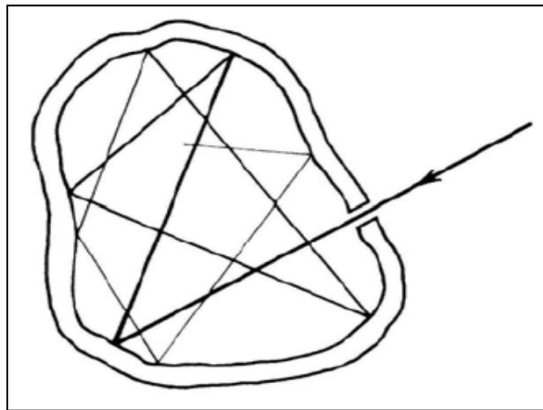
2.3.8 FÍSICA QUÂNTICA: RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Entre os problemas da Física que contribuíram para o surgimento da Física Moderna está a explicação para o espectro de radiação de um corpo negro. Era preciso justificar a relação entre o aquecimento de determinados corpos e a emissão de radiação de variadas frequências.

De modo geral, os corpos emitem constantemente ondas eletromagnéticas, cujas intensidades e frequências dependem da temperatura dos corpos e da sua composição.

Um corpo negro pode ser representado por uma esfera oca que apresenta apenas um pequeno orifício em sua superfície (figura 8). A radiação incidente sobre o orifício é absorvida por ele. Essa radiação incidente é refletida seguidamente pelas paredes internas da esfera. Hipoteticamente, esses corpos possuem um espectro de radiação que não depende de sua composição, apenas de sua temperatura. “O orifício tem propriedade de um corpo negro, portanto, a radiação que está saindo por ele tem propriedades de radiação de corpo negro, mas, já que ela é meramente uma amostra da radiação que existe dentro da cavidade, podemos dizer que a radiação dentro da cavidade tem propriedades de radiação de corpo negro” (Stringasci, 2011).

Figura 8. Representação de um corpo negro

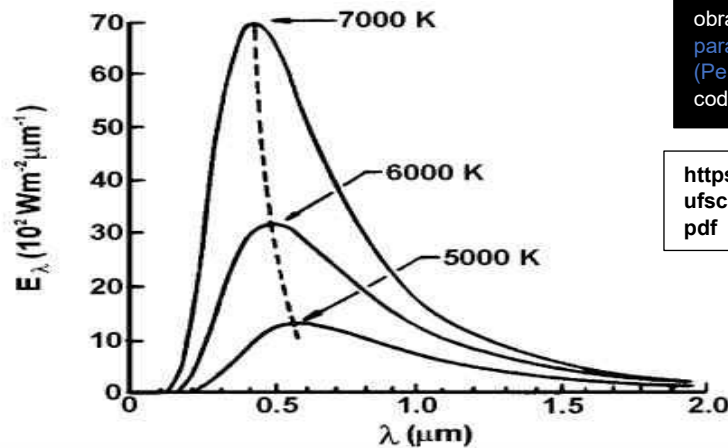


Disponível em:

<https://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2011-1%20SFI5774%20Mecanicaquantica/Seminario%20-%20Mirian%20-%20Radiacao%20do%20corpo%20negro.pdf>

Buscava-se uma explicação para o espectro de emissão de radiação de um corpo negro de acordo a sua temperatura. Esse espectro representa as várias frequências que um determinado corpo pode emitir radiação. Um exemplo disso é o Sol que emite várias frequências: infravermelho, luz visível e ultravioleta, conforme figura 10. A intensidade da radiação em cada frequência é diferente, pois depende justamente da temperatura que o corpo se encontra.

Figura 9. Radiação de corpo negro



<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-5.html>

Para aprofundar mais sobre o estudo da radiação de corpo negro, acesse a obra [Mecânica Quântica: um curso para professores da educação básica \(Perez, 2016\)](#), disponível no link ou QR code abaixo.

https://mnpefblumenauufscbr.paginas.ufsc.br/files/2017/05/MecQuant_Perez.pdf

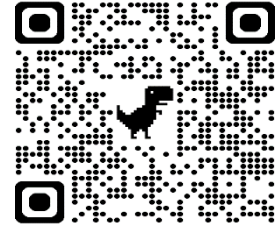
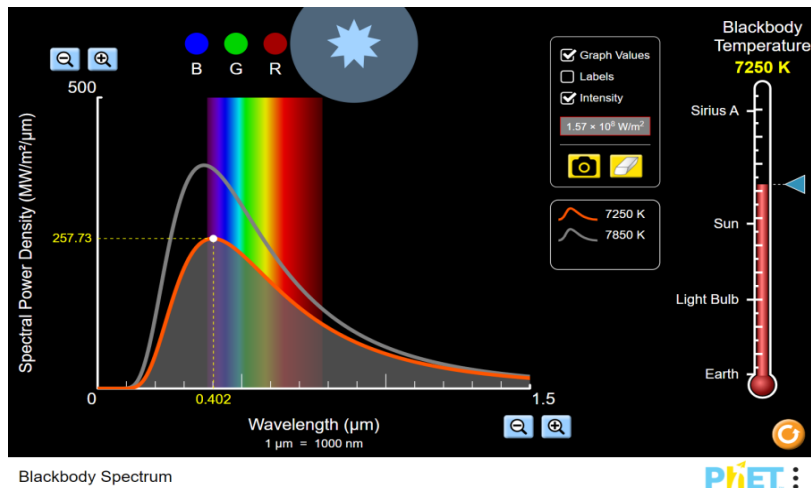


Figura 10. Espectro de corpo negro



Blackbody Spectrum

PhET

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/blackbody-spectrum. Acesso em 28 de junho de 2024.

2.4 Passo 4: Apresentar o conhecimento a ser aprendido levando em consideração a diferenciação progressiva

O conteúdo será abordado por meio da discussão do texto “**O encontro do Radinho presunçoso de duas faixas com as moléculas de Oxigênio e o Nitrogênio do ar.**” Após a leitura será discutido com os alunos alguns conhecimentos abordados no texto, entre os quais, como ocorre a transmissão das informações até as pessoas? O que se compreende por faixa de rádio, apresentado no texto? Para essas duas questões, os alunos serão instruídos a representar por meio de desenhos

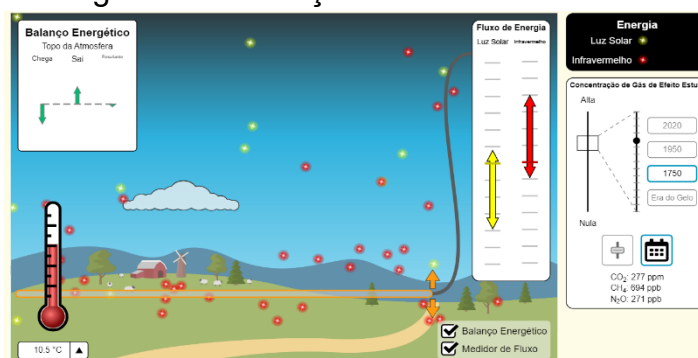
os mecanismos que envolvem a transmissão de uma informação que ocorre próximo ou distante de nós e buscar explicar a distribuição das faixas de frequências de um rádio diferenciando sua classificação de acordo o comprimento de onda.

Para continuar, será dialogado com os estudantes a ideia de molécula de gás e a representação feita a partir da imaginação humana de uma molécula ou partícula, e por fim, uma discussão de como as moléculas de CO₂ funcionam na interação com a radiação infravermelha semelhante a interação da antena de rádio com a onda de rádio do espectro eletromagnético.

Dentro dessa etapa será realizado simulações no laboratório virtual *Phet* e apresentação de vídeos sobre o assunto a ser aprendido. A simulação busca mostrar aos estudantes como ocorre o efeito estufa e sua importância para o balanço de energia da Terra e controle da temperatura média do planeta, figura 11, ao mesmo tempo, mostrar como a concentração dos gases de estufa alteram essa temperatura média e o aumento dessa concentração ao longo da evolução humana. Antes da simulação, serão apresentados dois pequenos vídeos: “Eunice Foote e a descoberta do efeito estufa” e “Como os gases de efeito estufa realmente funcionam.” Disponíveis, respectivamente, nos endereços: <https://www.youtube.com/watch?v=q6A-pEsvsGA> e <https://www.youtube.com/watch?v=2oxCnVUJCwQ>.

O primeiro vídeo traz a oportunidade da abordagem da importância e contribuições das mulheres na ciência do clima, permitindo uma discussão sobre os estudos e descobertas das mulheres para a ciência de um modo geral, pois compara os resultados dos trabalhos de Eunice Foote com as descobertas de Marie Curie.

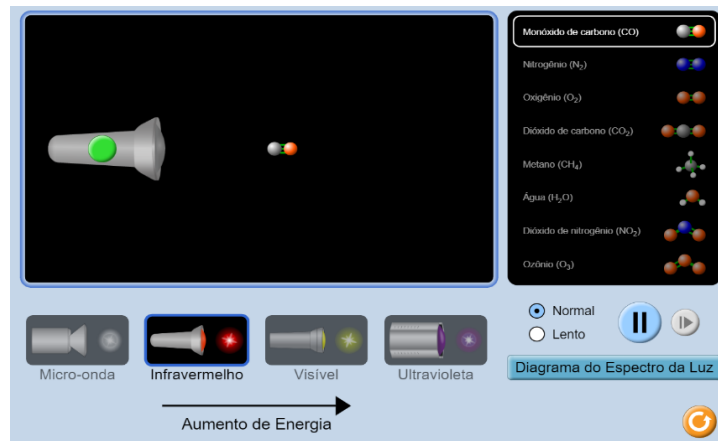
Figura 11: simulação do efeito estufa



[https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_all.html?locale=pt BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_all.html?locale=pt_BR)

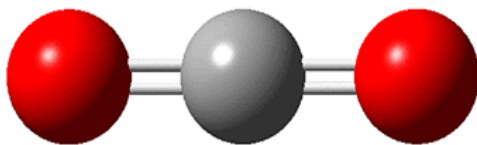
Para complementar as abordagens mostradas nos vídeos, o professor efetuará a simulação, no *Phet*, figura 12, acerca da interação da radiação infravermelho com as moléculas dos gases de efeito estufa e uma amostra da vibração dessas moléculas.

Figura 12. Simulação moléculas e Luz



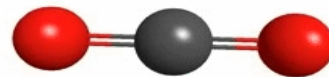
https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR

Gif 1. Vibração da molécula de CO_2



<https://gifer.com/pt/VGP>

Gif 2. Vibração da molécula de CO_2



<https://gifer.com/pt/Cj3>

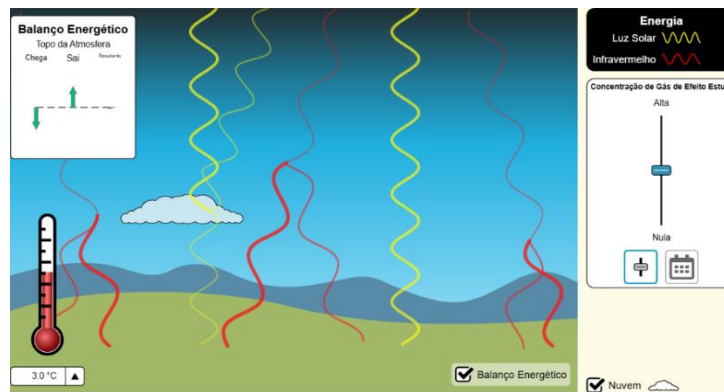
MakeAGIF.com

2.5 Passo 5: Retomar os aspectos gerais em nível maior de complexidade

Essa etapa terá um aprofundamento e avanço dos conhecimentos abordando o conteúdo num grau maior de complexidade, apresentando novos conceitos e construindo novas aprendizagens integradas aos conhecimentos e conceitos já elencados. Para tal finalidade, serão utilizados textos didáticos elaborados pelos próprios autores da proposta, slides elaborados pelo professor, vídeos e simulação com o recurso do laboratório virtual *Phet*, com a mediação do professor fazendo um momento de diálogo com os estudantes sobre o assunto. Inicialmente, será utilizado o texto: **“O Super-herói que balançava o pente carregado”**, respondendo as

questões elencadas no texto. Na sequência, será abordado sobre balanço de energia e albedo, potência e espectro de emissão de irradiação da Terra e as leis de Stefan-Boltzmann e Wien. Essa abordagem ocorrerá por meio de vídeos disponíveis nos endereços eletrônicos abaixo, resolução de situações e o uso da plataforma *Phet* (figura 13) para realizar simulação do balanço de energia e albedo.

Figura 13. Efeito estufa e balanço energético



https://phet.colorado.edu/sims/html/greenhouse-effect/latest/greenhouse-effect_all.html?locale=pt_BR

Links para acesso das videoaulas.

<https://www.youtube.com/watch?v=YJmJ9QuPQms&list=PL4ddnkqDVj5NmK5uBINBu7ePd7X2-cOPK&index=8>

<https://www.youtube.com/watch?v=foe6SxJ-6Z0&t=880s>

<https://www.youtube.com/watch?v=UZR3JcqE04c&list=PL4ddnkqDVj5NmK5uBINBu7ePd7X2-cOPK&index=8>

Prosseguindo com o conhecimento, será realizado um experimento mostrando que o aumento do CO₂ na atmosfera tem como consequência um aumento da temperatura média do planeta ao reter mais radiação infravermelha próxima a superfície. Ao concluir o experimento, será feito um diálogo com os estudantes sobre os resultados observados. Por meio da observação, os discentes irão comentar a respeito dos aumentos de temperaturas globais, pensando na concentração do dióxido de carbono na atmosfera. A partir do experimento, será debatido as principais fontes de emissão do dióxido de carbono, principalmente por meio da ação humana, e as fontes naturais, utilizando os pequenos vídeos, em anexo.

Os materiais necessários para o experimento são apresentados na figura 14 e podem ser encontrados no endereço eletrônico: <https://www.mundodepesquisadores.com.br/experimentos/sustentabilidade/efeito-estufa>.



Fonte: <https://www.mundodepesquisadores.com.br/experimentos/sustentabilidade/efeito-estufa>

2.5.1 Passo a passo para efetuar o experimento

Parte I: prenda um termômetro em cada um dos recipientes com fita adesiva, deixando as pontas dos termômetros afastadas alguns centímetros (5 cm) do fundo;

vede a boca de cada recipiente para evitar a troca de calor com o ambiente;

coloque os recipientes, aproximadamente, 5 cm um do outro num local que incida a luz do Sol ou próximos da lâmpada, mas sem que a toque. Aguarde alguns minutos e confira a temperatura nos recipientes.

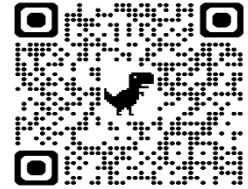
Parte II: misture, aproximadamente, 50 ml de vinagre com uma colher de bicarbonato de sódio em um dos recipientes, ou se preferir, deposite as pastilhas efervescentes em uma das vasilhas e adicione o vinagre sobre as pastilhas. Posicione os recipientes num local que receba a luz do Sol ou os deixem próximos da lâmpada por alguns minutos. Durante esse intervalo de tempo, anote as temperaturas nos recipientes observando os cronômetros.

2.6 Passo 6: Conclusão da UEPS

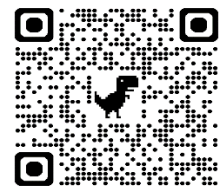
Continuidade da diferenciação progressiva numa perspectiva integradora. Nessa etapa, como parte final do conteúdo, será ministrado a equação do balanço de energia da Terra, o comprimento de onda da emissão máxima de radiação de corpo negro (lei de Wien) e a energia irradiada por um corpo negro (lei de Stefan-Boltzmann), com a resolução de algumas questões tratando desse conteúdo oportunizando uma breve revisão dos conceitos associados. Concluindo a etapa, será apresentado aos discentes a definição e alguns modelos de mapas conceituais, figuras 15, 16 e 17. A aula será expositiva e dialogada envolvendo os conceitos abordados. Na sequência, os estudantes são orientados a confeccionarem mapas conceituais, ilustrando os conceitos abordados e o conhecimento adquirido, utilizando como tema norteador: as mudanças climáticas. Os mapas serão confeccionados individualmente, com a orientação do professor, e entregues após concluir a elaboração.

Exemplos de mapas conceituais

Para aprofundar os estudos sobre mapas conceituais, acesse os QR code, ou links abaixo

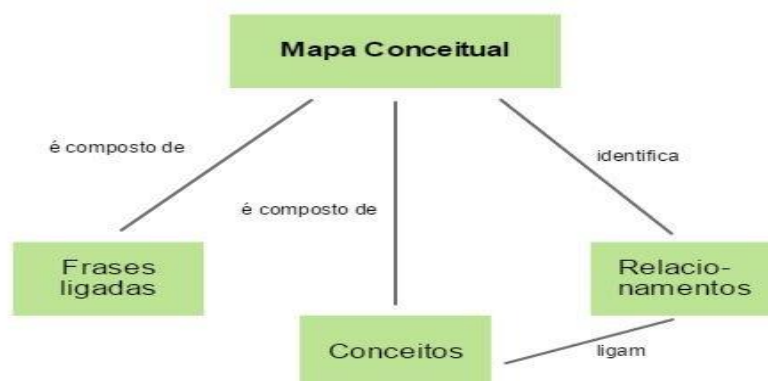


<https://www.scielo.br/j/educ/a/LyJBCdDvGvdzmn6tRQv5JJL/?format=html&lang=pt>



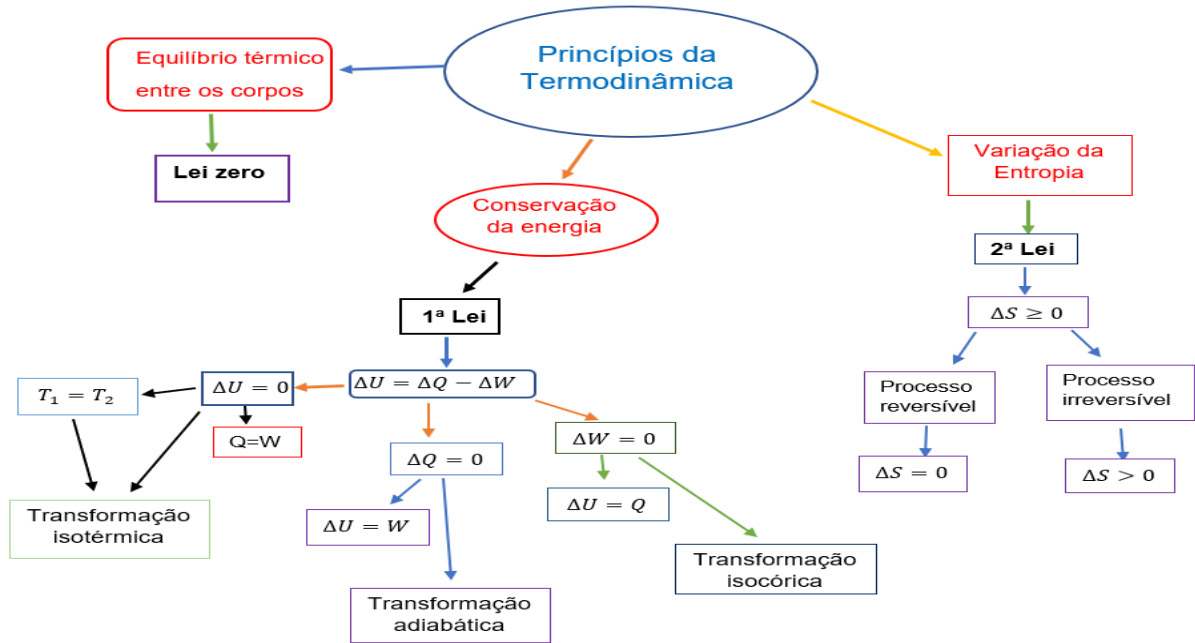
https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf

Figura 15. Modelo de mapa conceitual



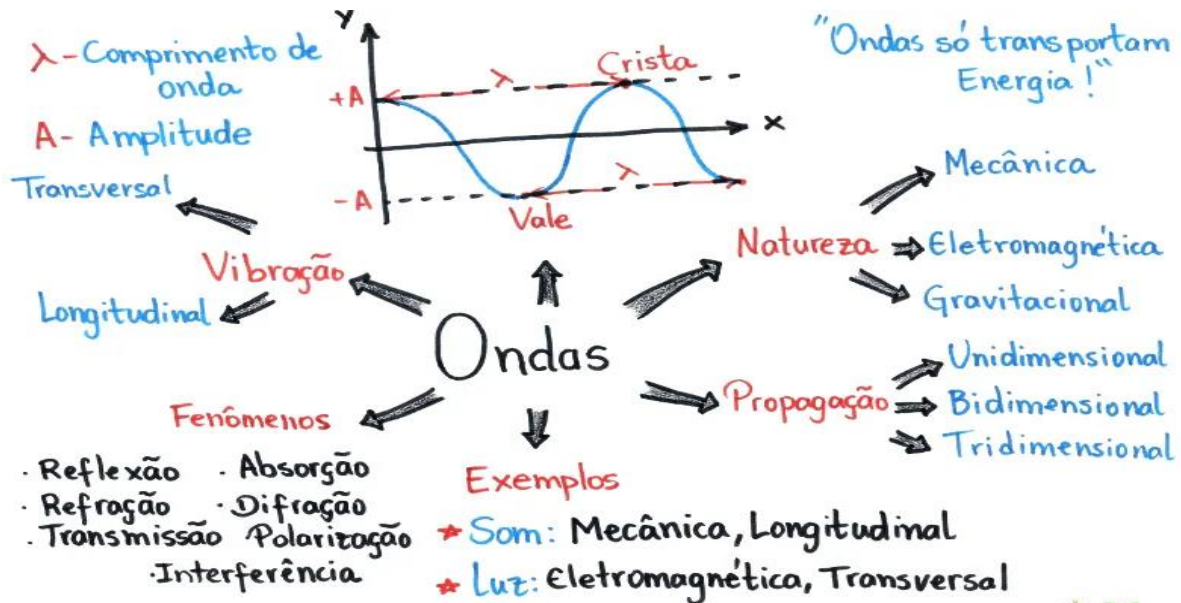
Fonte: <https://www.significados.com.br/mapa-conceitual>

Figura 16. Mapa conceitual 1: leis da Termodinâmica



Fonte: O autor (2023)

Figura 17. Mapa conceitual 2: ondulatória



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-classificacao-das-ondas.htm>



2.7 Passo 7: Avaliação final da aprendizagem

A avaliação da aprendizagem no percurso da implementação da UEPS se caracteriza, de acordo Moreira (2012), pelo registro de tudo que possa evidenciar uma aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além dessas aprendizagens verificadas ao longo do processo, o autor preconiza que deve haver uma avaliação individual e somativa, por meio de questões e/ou situações que acarretem em compreensão do conteúdo ou evidenciem a captação de significados. Nesse panorama, será elaborado e aplicado um questionário constituído por questões abertas e de múltipla escolha, abrangendo conteúdos ministrados durante a aplicação da UEPS.

2.8 Passo 8: Avaliação da UEPS

Além dos registros e análises nas atividades aplicadas nos passos anteriores, ao final, será aplicado um questionário de avaliação da UEPS, por meio do qual os estudantes poderão externalizarem suas opiniões acerca da sequência desenvolvida em sala de aula, elencando os pontos mais importantes, os conhecimentos adquiridos, sugestões e críticas. Como avaliação final, os estudantes responderão, individualmente, uma atividade com questões abertas e de múltiplas escolhas, questões conceituais, de assimilação e conhecimentos matemáticos.

3.0 Referências

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

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

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A teoria da aprendizagem significativa**. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 2009.

MOREIRA, Marco A. **Unidades de ensino potencialmente significativas UEPS** – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2012.

Pereira, Virgínia F. Ferreira. **Dióxido de carbono e clima**. Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa, 2023.

MOREIRA, M. A. **O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem**. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1984.

MORIN, Edgar. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. 4ª ed. p. 53 – 59, São Paulo: Cortez, 2007.

NICOLESCU, Basarab. **O Manifesto da Transdisciplinaridade**. Triom: São Paulo, 1999.

TOMASONI, Marco Antonio; TOMASONI, Kên Rodrigues. **Atmosfera em transformação: o ozônio e os CFCs, certezas e incertezas**. Disponível em: <http://www.geoambiente.ufba.br/OZONIO.pdf>. Acesso 04 de novembro de 2023.

Espectro eletromagnético. Disponível em:

<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 08 de junho de 2024 às 11h40min.

Espectro eletromagnético. Disponível em: <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf> acessado em 08 de junho de 2024 às 15h23min.

Espectro eletromagnético. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 08 de junho de 2024, às 15h53min.

STRINGASCI, Mirian Denise. **A Radiação do Corpo Negro e sua influência sobre os Estados dos Átomos**. Universidade de São Paulo – Instituto de Física de São Carlos, 2011.

Física das Radiações: Uma Proposta para o Ensino Médio. Disponível em:

<https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf>. Acesso em: 18/07/2024.

4.0 Anexos

Atividades aplicadas

Questionário balanço de energia, temperatura de estado estacionário e comprimento de onda máximo

Vimos nas aulas e videoaulas que a taxa de variação de temperatura para um corpo é determinada pela equação

$$C \frac{dT}{dt} = Q[1 - a(T)] - \varepsilon\sigma T^4$$

Onde o termo $C \frac{dT}{dt}$ é a taxa de variação da temperatura

$Q[1 - a(T)]$ indica a energia absorvida, sendo a o albedo e, (T) a temperatura

$\varepsilon\sigma T^4$ representa a energia emitida, sendo ε e σ constantes

Vimos ainda que utilizando os termos $Q[1 - a(T)] - \varepsilon\sigma T^4$ que representa, respectivamente, a energia absorvida e energia emitida,

Podemos ter no estado de equilíbrio $Q[1 - a(T)] = \varepsilon\sigma T^4$, onde

$$T = \sqrt[4]{\frac{Q(1 - a)}{\varepsilon\sigma}}$$

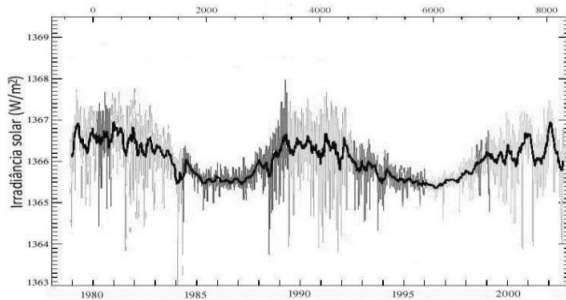
Agora vamos resolver algumas questões

- 1) Dados a emissividade igual a 1, a quantidade de energia solar de $342,5 \text{ w/m}^2$ e o albedo de 0,4 (40%), verificar a temperatura de estado estacionário T. ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ K}^4$)
- 2) Determine novamente a temperatura, em graus Celsius, para os valores de emissividade 0,54 e 0,53, considerando o albedo do planeta de 0,39.
- 3) A lua não possui atmosfera como a Terra. Suas temperaturas variam de $-184 \text{ }^\circ\text{C}$ à noite a $214 \text{ }^\circ\text{C}$ durante o dia. A temperatura média na superfície é de $107 \text{ }^\circ\text{C} = 380 \text{ K}$. Calcule a energia emitida pela Lua, dado a emissividade $\varepsilon = 0,8$.

Fontes: heasarc.gsfc.nasa.gov ufrgs.br/ast/solar

- 4) Sendo a temperatura efetiva do Sol (temperatura de equilíbrio térmico) igual a 5800 K , dado a sua emissividade de 100%, calcule a energia emitida pelo Sol. Lembrete $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ K}^4$.
- 5) (Walter J. Maciel - Adaptado). A figura abaixo (NASA) mostra a variação com o tempo da constante solar, ou irradiância, desde 1978 até 2002. Utilizando o valor médio mostrado no gráfico e considerando a temperatura de equilíbrio da

Terra $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C} = 288\text{ K}$, calcule o valor médio do poder de emissividade Terra nesse período.



Lei de Wien para corpo negro: “O comprimento de onda que um corpo negro emite com intensidade máxima (λ_{max}) é inversamente proporcional à temperatura absoluta.”

6) Determine a temperatura de espectro de um corpo negro para um comprimento de onda λ_{max} igual a $600\text{ }\mu\text{m}$. Dado o valor de

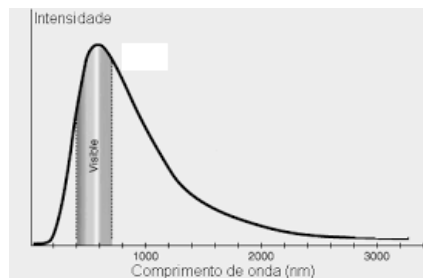
$$\alpha = 2,9 \cdot 10^{-3}\text{ m}.$$

7) Considerando que a radiação emitida por um corpo negro tenha pico de λ_{max} em $950\text{ }\mu\text{m}$, a que temperatura é emitida essa radiação?

(Lembrete: $\alpha = 2900 \cdot 10^{-6}\text{ km}$)

8) No gráfico abaixo está representado a radiação do espectro de um corpo negro, para o qual, o pico indica o comprimento de onda máxima de acordo a lei de Wien. A temperatura para a emissão dessa radiação é:

- 6000K
- 5000K
- 4000K
- 3000K



AVALIAÇÃO FINAL DA APRENDIZAGEM

- (UNICAMP 2024 2ª fase – adaptada) Alguns Cientistas afirmam que o sistema climático da Terra está fora do seu balanço energético, com um contínuo acúmulo de calor observado nas últimas décadas. Isso se observa nos registros recentes nos recordes de altas temperaturas. O MECANISMO que explica esse ganho de energia é o:
 - Buraco de ozônio, com gases CFC, aumentando a radiação de saída.
 - Smog fotoquímico, com gases como NO_x , retendo parte da radiação solar incidente.

- c) Chuva ácida, com gases como o CO_2 , aumentando a radiação de saída.
 - d) Efeito estufa, com gases como CO_2 e CH_4 , retendo parte da radiação solar incidente.
- 2) O efeito estufa é um processo natural ocorrido na atmosfera e de muita importância para o equilíbrio climático do planeta. Descreva com suas palavras como esse processo contribui para o balanço de energia da Terra.
- 3) Durante os estudos em sala de aula, vimos que o espectro eletromagnético é o conjunto formado pelas diferentes ondas eletromagnéticas com seus diferentes comprimentos de onda e frequência. A radiação do espectro liberada pela Terra e absorvida pelos gases de efeito estufa, responsável por manter o equilíbrio térmico é:
- a) Micro-ondas
 - b) Ondas de rádio
 - c) Luz visível
 - d) Ultravioleta
 - e) Infravermelho
- 4) A Terra é considerada como um corpo negro, pois
- a) É escura à noite.
 - b) Absorve a radiação eletromagnética incidente e depois emite na faixa do infravermelho.
 - c) Não consegue emitir parte da radiação incidente.
 - d) Não é capaz de absorver a radiação incidente.
- 5) No texto “O extintor que vazou no carro da polícia”, vimos que o carro de Carlos estava com maior concentração de dióxido de carbono devido o vazamento do extintor, enquanto o carro de João mantinha a concentração desse gás, constante. Retomando às questões elencadas no texto após os estudos realizados:
- a) O que você acha que as câmeras internas de cada carro registraram à medida que o dióxido de carbono do carro de Carlos aumentou e de João permanecia o mesmo?
 - b) Se o gás fosse oxigênio ou nitrogênio, as câmeras registrariam a mesma situação? Justifique.
- 6) Explique Como a concentração de CO_2 (dióxido de carbono) na atmosfera contribui para o aumento da temperatura média global.
- 7) O dióxido de carbono (CO_2) é um gás de efeito estufa por captar com facilidade a radiação eletromagnética do infravermelho emitida pela Terra, se assemelhando com uma antena de rádio que captam o sinal das ondas de rádio que se propagam no espaço. Isso só é possível devido à flexão ou deformação angular das moléculas de CO_2 que permitem a absorção da radiação, pois
- a) São abundantes na atmosfera.

- b) Produz dipolo elétrico e vibram na mesma frequência do comprimento de onda emitido pela Terra.
- c) Não produzem dipolo elétrico.
- d) Vibram na mesma faixa de frequência das ondas de rádio.
- 8) Durante a exposição e discussão dos conteúdos em sala de aula, vimos uma semelhança entre a interação das ondas de rádio e a antena, com a interação da radiação infravermelho e as moléculas do dióxido de carbono. Construa uma explicação para essa semelhança entre essas duas interações, por meio de desenhos e/ou textos.
- 9) O vapor d'água (H_2O) e o ozônio (O_3) são gases de efeito estufa presentes na atmosfera. Além destes, as atividades antrópicas do cotidiano geram e liberam na atmosfera outros gases de mesmo efeito.
A alternativa que apresenta apenas outros gases de efeito estufa é:
- a) Dióxido de carbono (CO_2), Nitrogênio (N_2) e Hidrogênio (H).
- b) Oxigênio (O_2) e Nitrogênio (N_2).
- c) Dióxido de carbono (CO_2) e Metano (CH_4).
- d) Nitrogênio (N_2) e Metano (CH_4).
- 10) (IBFC - SEDUC - MT - 2017) Na imagem abaixo temos o espectro de radiação do Sol medido na terra no alto da atmosfera, ao nível do mar e o ajuste pela equação de Planck para o corpo negro. A posição do pico do modelo do corpo negro satisfaz a lei do deslocamento Wien: $\lambda_{max} T = 2900 \times 10^{-6} \text{ Km}$, onde temos o comprimento de onda do máximo do espectro, λ_{max} , e a temperatura T do corpo negro em equilíbrio térmico com a radiação.

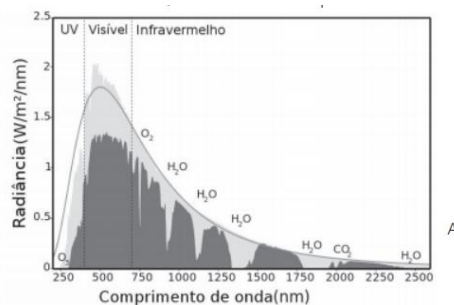


Figura: espectro de radiação Solar medido na terra. Em cinza claro: topo da atmosfera, em cinza escuro: ao nível do mar. As faixas de absorção características de gases componentes da atmosfera são visíveis. A curva de Planck é mostrada na curva contínua. Fonte: Adaptado de wikipedia commons. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24648395>. Gráfico baseado nos dados da American Society for Testing and Materials (ASTM), www.astm.org.

A temperatura de equilíbrio térmico da superfície solar pelo modelo do corpo negro é de aproximadamente

- a) 1000K
- b) 3000K
- c) 6000K
- d) 9000K
- e) Não pode ser calculada pelo modelo de corpo negro, porque o Sol é predominantemente amarelo.

- 11) Sendo a temperatura efetiva de um certo corpo negro (temperatura de equilíbrio térmico) igual a 2900 K, dado a sua emissividade $\varepsilon = 0,8$, calcule a energia emitida por esse corpo. Lembrete $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$; $I = \varepsilon \sigma T^4$

AVALIAÇÃO DA UEPS

- 1) Durante a aplicação da UEPS sobre os princípios físicos presentes no clima e suas mudanças, foram apresentados vídeos, realização de simulações na plataforma PHET e experimentos. Comente o que você achou mais interessante durante os estudos do tema.

- 2) Numa escala de 1 a 5, onde 1 indica pouco e 5 significa muito, assinale o quanto você considerava saber sobre alguns dos princípios físicos presentes no clima e suas mudanças, antes da aplicação da UEPS.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

- 3) Numa escala de 1 a 5, onde 1 indica pouco e 5 significa muito, assinale o quanto você considera saber sobre alguns dos princípios físicos do clima e suas mudanças, após a aplicação da UESP.

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

- 4) As estratégias adotadas pelo professor auxiliaram na compreensão e aprendizagem sobre o assunto.

- A) () Muito
 B) () O suficiente
 C) () Razoável
 D) () Pouco
 E) () Nada

- 5) Apresente as aprendizagens mais significantes que você conseguiu adquirir com essas estratégias.

- 6) Faça uma avaliação dos recursos utilizados pelo professor em sala de aula para abordar o tema, indicando se esses recursos foram eficientes ou ineficientes para a aprendizagem.

- 7) Durante a abordagem do tema, além dos conhecimentos de Física, o professor conseguiu abordar conhecimentos para além da Física? Cite alguns.

- 8) Numa escala de zero a dez, que nota você atribui à UESP aplicada pelo professor?

Apêndice A: Links dos mini vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=q6A-pEsvsGA>

<https://www.youtube.com/watch?v=qJZSSuNqmc&t=10s>

<https://www.youtube.com/watch?v=3pnwV-597Q0&t=14s>

https://www.youtube.com/watch?v=_j13ozmHoR0&t=24s

<https://www.youtube.com/watch?v=GdkzT-bJIYM&t=29s>

<https://www.youtube.com/watch?v=6MCp0fqrEfs&t=26s>

<https://www.youtube.com/watch?v=YJmJ9QuPQms&t=27s>

<https://www.youtube.com/watch?v=UZR3JcqE04c&t=91s>

<https://www.youtube.com/watch?v=c41Ev6k2DFE&t=5s>

<https://www.youtube.com/watch?v=LGPhc7rquKM>

<https://www.youtube.com/watch?v=zQqygoVRJpc&t=10s>

<https://www.youtube.com/watch?v=E-sRYIqIY0M&t=9s>

<https://www.youtube.com/watch?v=Z7wRU7plZAw>

Apêndice B: Outros materiais de apoio

<https://canaltech.com.br/produtos/como-funciona-um-bloqueador-de-sinal-de-celular/>

<https://canaltech.com.br/seguranca/o-que-e-bloqueador-de-celular/>

<https://www.youtube.com/watch?v=3dUbcl3yFEQ>

<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/08/31/como-e-medida-a-temperatura-do-planeta-jn-visita-instituto-responsavel-por-monitorar-mudancas-climaticas.ghtml>