



FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tânia Aline Varela da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Freitas de Andrade

Araranguá

Fevereiro, 2021

FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA
O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tânia Aline Varela da Silva

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Freitas de Andrade

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de
Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física

Banca Examinadora:

Dr. Marcelo Freitas de Andrade

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Leandro Batirolla Krott

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Maurício Girardi

Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Daniela De Conti

Faculdade do Vale do Araranguá

Araranguá

Fevereiro, 2021

Silva, Tânia Aline Varela da
Física do aquecimento global: Uma proposta interdisciplinar
para o ensino do espectro eletromagnético / Tânia Aline Varela da
Silva – Araranguá, SC, UFSC, 2021.

123 p.

Orientador: Marcelo Freitas de Andrade

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa
Catarina, Campus Araranguá / Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Física, 2021.

Referências Bibliográficas: f. 68-72.

1. Ensino de Física. 2. Efeito Estufa. 3. Aquecimento Global.
4. Espectro Eletromagnético. I. Marcelo Freitas de Andrade. II.
Universidade Federal de Santa Catarina, Instituto de Física, Programa
de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Física do aquecimento
global: Uma proposta interdisciplinar para o ensino do espectro
eletromagnético.

Dedico esta dissertação à minha filha e à minha família.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha filha Isabella, que sempre me deu forças para seguir com meus estudos, desde quando eu ainda estava grávida e depois do seu nascimento. Ao meu esposo Alexandre, por também me acompanhar e dar o suporte que eu precisava.

Aos meus pais Gorete e Edson, meus irmãos e minha família que sempre me apoiaram.

Aos professores, seus ensinamentos serão de grande valia na minha vida pessoal e profissional. Em especial ao meu orientador Marcelo por sua paciência, compreensão e suporte para que essa caminhada se tornasse possível.

Aos meus alunos, fundamentais para a realização deste trabalho. Aos meus colegas por todo o apoio e carinho que recebi, vocês tornaram as aulas mais leves.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo incentivo financeiro destinado aos Estudantes de Pós-Graduação Stricto Sensu.

A todos meus sinceros sentimentos de gratidão. O apoio de vocês foi fundamental para a conquista desse sonho.

RESUMO

FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tânia Aline Varela da Silva

Orientador:

Marcelo Freitas de Andrade

Um dos objetivos do ensino de ciências é preparar os estudantes para enfrentar as transformações de sua realidade, formando um ser crítico perante a ciência, a sociedade e a si próprio. O aquecimento global foi um tema de grande controvérsia científica, mas atualmente há um consenso acerca do aquecimento global antropogênico. Essa temática pode ser abordada em diferentes disciplinas, com diferentes enfoques. A discussão científica e dos conceitos físicos envolvidos contribui para a aprendizagem e educação ambiental dos alunos. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um produto educacional na forma de uma sequência didática e apresentar um relato de sua aplicação para estudantes do segundo ano do Ensino Médio. A sequência didática aplicada pode também ser adaptada para várias idades. Utilizou-se recursos pedagógicos de contextualização, atividades experimentais, simulações, recursos visuais e diálogos; entre outras metodologias; pensando sempre em estar acessível ao professor e interessante aos alunos. Com os resultados das análises, verificou-se que a aplicação do Produto Educacional se mostrou uma estratégia positiva no ensino do espectro eletromagnético e da conscientização acerca do impacto das ações humanas em nosso planeta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Efeito Estufa, Aquecimento Global, Espectro Eletromagnético.

Araranguá

Fevereiro, 2021

ABSTRACT

FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tânia Aline Varela da Silva

Supervisor(s):

Marcelo Freitas de Andrade

One of the goals of science education is to prepare students to face the changes in their reality, forming a critical being towards science, society and himself. Global warming has been a topic of great scientific controversy, but there is currently a consensus about anthropogenic global warming. This theme can be approached in different disciplines, with different approaches. The scientific discussion and the physical concepts involved, contributes to the students' learning and environmental education. This work aimed to analyze the impact of teaching activities, carried out in the application of the didactic sequence in the learning of students in the second year of high school. The didactic sequence applied in the second year of high school class, but which can be adapted for various ages. It was present contextualization; experimental activities; simulations; visual resources; the dialogues; among other methodologies; always thinking about being accessible to the teacher. With the results of the analyzes, it was found that the application of the Educational Product proved to be a positive strategy in teaching the electromagnetic spectrum.

Keywords: Physics education, Greenhouse Effect, Global Warming, Electromagnetic Spectrum.

Araranguá

February, 2020

Sumário

1	Introdução	10
2	Breve histórico da ciência do aquecimento global.....	13
3	– Revisão de conceitos físicos	17
3.1	Ondas.....	17
3.2	Ondas mecânicas: ondas em uma corda.....	18
3.3	Ondas Eletromagnéticas.....	23
3.4	Dilatação Térmica	27
3.5	Efeito estufa e aquecimento global	30
4	– Revisão bibliográfica	38
4.1	Contextualização.....	38
4.2	Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).	40
4.3	Atividades Experimentais.....	43
4.4	Simulações.....	45
5	Produto educacional.....	49
5.1	Desenvolvimento.....	49
5.2	Plano de Ensino e aulas	50
5.3	Descrição das aulas	51
5.4	Questionários avaliativos	55
6	Discussão comparativa entre os momentos pré e pós aplicação do produto educacional	58
6.1	Atividade inicial.....	58
6.2	Atividade final.....	60
7	Considerações finais	67
	Referências Bibliográficas	69
	Apêndice A MANUAL DE APOIO AO PROFESSOR	75
1.	Plano de Ensino	1
2.	Plano de aula 1 - Discussão e produção textual	3
3.	Plano de aula 2 - Diferença entre efeito estufa e aquecimento global	5
4.	Plano de aula 3 - Espectro eletromagnético e experimento com disco de DVD	15

4.1 Atividade experimental 1: Como fazer um “arco-íris” com DVD?	20
5. Plano de aula 4 - Descobrindo o passado para entender o presente e o futuro	21
6. Plano de aula 5 - Consequências do aquecimento global e atividade experimental.....	31
6.2 Atividade experimental 2: Aumento do nível do mar.....	38
7. Plano de aula 6 - Atividade final	41
8 - Considerações Finais.....	43
9 - Referências	44
Apêndice A MANUAL DE APOIO AO PROFESSOR.....	71

1 Introdução

Historicamente, “mudanças climáticas” e “aquecimento global” foram temas de grande controvérsia científica. Os primeiros estudos que originaram a discussão sobre a ação humana no clima são do início do Séc. XIX. Porém, somente no início do século XXI obteve-se uma posição mais afirmativa sobre os impactos que o homem exerce sobre o clima.

Conforme Cook *et al.* (2016), há um amplo consenso entre climatologistas acerca do aquecimento global antropogênico. Estamos, com boa segurança, alterando o clima planetário (ANGELO, 2016). Apesar disso, segundo Junkes e Massoni (2018), grande parte do público leigo não acredita em aquecimento global provocado pelo homem, ou não considera que exista consenso científico a respeito de suas causas.

O aquecimento global é um tema que pode ser abordado em diversas disciplinas. Geralmente se tem enfoques político, ético, social e/ou econômico. De acordo com Besson, De Ambrosis e Mascheretti (2010 apud Junges et al., 2018), abordagens que enfatizam apenas os aspectos sociocientíficos, muitas vezes, tratam a parte ligada à Física de forma superficial. Estudos mostram que estudantes e a população em geral ainda possuem uma compreensão superficial da ciência básica do aquecimento global (Lambert, Lindgren & Bleicher, 2012). Para um aprendizado mais completo do fenômeno é necessária a discussão científica e dos conceitos físicos envolvidos, com o objetivo de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem e educação ambiental dos alunos.

Um dos objetivos do ensino de ciências é o de desenvolver competências e habilidades que preparem os estudantes para enfrentar as transformações características de sua realidade, apresentando uma postura crítica perante à ciência, à sociedade e a si próprio (Brasil, 2002). Um desafio encontrado por professores é tornar as aulas de Física mais motivadoras e possibilitar que a aprendizagem dos conteúdos ocorra de forma significativa, ultrapassando a mera memorização de conceitos e fórmulas (ROSA, 2001).

Para isso, é fundamental propor alternativas metodológicas que, pautadas em pressupostos teóricos, conduzam os alunos a uma compreensão de ciência capaz de lhes fornecer condições de melhor entenderem o mundo circundante e dele participarem de forma crítica e atuante. Segundo Moreira

(2000), para sobreviver na sociedade contemporânea, a aprendizagem além de significativa deve ser crítica.

Com base nesses pressupostos, foi elaborada, aplicada e analisada, uma sequência didática com o objetivo de que os alunos reflitam sobre alguns fenômenos cotidianos. Essa sequência é parte do Produto Educacional, desenvolvido no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no qual abordamos conceitos acerca das mudanças climáticas que estão ocorrendo na Terra, visando desenvolvimento do raciocínio crítico e a construção de conhecimentos ligados à Física presente em algumas questões ambientais.

Aquecimento global e efeito estufa são a mesma coisa? O efeito estufa é algo bom ou ruim? Qual a Física envolvida nesses fenômenos? Quais as causas e consequências do aquecimento global? O que fazer para ajudar o planeta? Esses questionamentos iniciais tem a intenção de verificar concepções prévias dos estudantes sobre a temática.

Durante a aplicação do produto educacional nas aulas, buscou-se distinguir os fenômenos naturais daqueles causados pelo homem, bem como como isso pode influenciar no clima. Em todos os momentos as discussões foram norteadas pelos conceitos físicos envolvidos. Era preciso, por exemplo, compreender os principais processos de interação da radiação solar e terrestre com os gases constituintes da atmosfera, para se chegar ao entendimento das consequências advindas da alteração da concentração de certos gases na atmosfera, potencializando o efeito estufa terrestre.

Procurou-se trazer o conhecimento físico para a realidade do aluno de uma forma diferenciada e interativa, apresentando os conteúdos com uma abordagem diferente do que se tem normalmente na escola. Desenvolveu-se uma sequência didática na qual esteve presente a contextualização, as atividades experimentais, as simulações, os recursos visuais, os diálogos entre professor-aluno, aluno-aluno e aluno-professor, entre outras metodologias. Pensamos uma abordagem que fosse de fácil acesso aos professores que pretendam utilizá-la futuramente, seja com apresentações e simulações disponíveis na internet; ou com a proposta de experimentos de baixo custo e fácil execução.

O produto educacional foi construído visando a participação de estudantes do segundo ano do Ensino Médio, com faixa etária entre 15 e 18

anos, mas que possa ser adaptado para várias idades. A coleta de dados contou com duas etapas: a primeira etapa foi a escrita de um texto e a segunda etapa foi a aplicação de um questionário, no início e no final da sequência, respectivamente, além da observação no decorrer das aulas.

Na proposta, foram considerados alguns princípios que fundamentam a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente), que serão detalhados no decorrer desta dissertação.

2 Breve histórico da ciência do aquecimento global

Os primeiros estudos que originaram a discussão sobre a ação humana sobre o clima são de 1824, em que Jean Baptiste Joseph Fourier (FOURIER, 1824) discutiu sobre fatores que determinam a temperatura planetária, destacando o calor do Sol, das estrelas e do interior da Terra. Ele também considerou a atmosfera como um dos fatores, mas ainda não tinha conhecimento sobre porque a atmosfera é mais opaca à radiação infravermelha do que à luz visível. Em 1859, John Tyndall (TYNDALL, 1861) observou que o dióxido de carbono e o vapor d'água apresentavam propriedades de absorção da radiação infravermelha, já o oxigênio, o nitrogênio e o hidrogênio, não exibiam essas propriedades. Tyndall também acreditou existir uma relação entre a composição da atmosfera e as eras glaciais¹.

Svante Arrhenius (ARRHENIUS, 1896) argumentou que uma variação de 40% na concentração de dióxido de carbono da atmosfera, junto com mecanismos de retroalimentação de vapor d'água, poderiam explicar os avanços e recuos das eras glaciais no passado. Em seguida, calculou um aumento de 4°C na temperatura terrestre, caso a concentração de dióxido de carbono na atmosfera dobrasse em relação aos níveis da época.

Durante as décadas de 1900 e 1940, algumas teorias levaram ao abandono do estudo da relação entre o dióxido de carbono e as mudanças climáticas. Porém, em 1938, Guy Stewart Callendar (CALLENDAR, 1938), retomou os trabalhos de Arrhenius, estudando o ciclo do carbono, a concentração de CO₂ na atmosfera, propriedades espectroscópicas do CO₂ e estimativas de temperatura.

Nos artigos de 1938 e 1939, Callendar argumenta que a combustão de combustíveis fósseis teria provocado um aumento de 6 % de CO₂ na atmosfera entre 1900 e 1936, e que este aumento de CO₂ seria o responsável pelo aumento da temperatura registrada nesse mesmo período (Fleming, 1998). Em 1941, Callendar também publica uma

¹ Longo período de tempo em que as temperaturas globais ficam mais baixas, aumentando a cobertura de gelo no planeta. O auge da última era glacial ocorreu a 20 mil anos atrás.

revisão sobre as novas medidas de absorção da radiação infravermelha pelo CO₂ que demonstravam que as bandas de absorção do CO₂ não coincidem com as do vapor d'água. (Junkes, Massoni , 2018, p. 465)

Em 1956, Gilbert Plass (PLASS, 1955) publicou artigos onde afirmavam que dobrar os níveis de CO₂ na atmosfera aumentaria 3,6°C na temperatura média da Terra. Segundo ele, se nada fosse feito, as emissões provocariam um crescimento de 30% na concentração de CO₂ e a um aumento de 1,1 °C na temperatura até o final do século XX.

Cientistas passaram a compreender que havia uma grande chance de as atividades humanas alterarem a composição química da atmosfera. Charles David Keelling, dois anos após o início de medidas da concentração de CO₂, verificou que os níveis estavam subindo (Weart, 2008).

A primeira conferência mundial sobre o clima (*World Climate Conference - WCC*) ocorreu em 1979 e contou com a participação da maioria dos especialistas em clima. O relatório final produzido alerta sobre a possibilidade da influência humana no clima e que os estudos sobre o assunto deveriam ser aprofundados:

O estado atual da nossa compreensão científica do clima não permite previsões confiantes quanto à natureza das mudanças que provavelmente resultarão de atividades humanas nem quanto à taxa com que tais mudanças deverão ocorrer. No entanto, esse entendimento é suficiente para sugerir que certas atividades humanas, se mantidas em seus níveis atuais ou perseguidas em uma escala crescente, podem levar nas décadas seguintes à mudanças climáticas que teriam profundos efeitos sobre a humanidade. Existe, portanto, um senso especial de urgência para o estabelecimento de um programa de pesquisa internacional para examinar os vários aspectos dos impactos humanos sobre o clima, dando especial atenção ao acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera, um assunto que merece atenção imediata (WMO, 1979, p.739).

Em 1985, aconteceu na Áustria a conferência *Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts*, que reuniu 89 cientistas de 23 nações. Tal conferência foi

fundamental para o estabelecimento de que um aquecimento global estava ocorrendo devido à ação humana.

Em 1987, cientistas da estação Vostok² na Antártica analisaram cilindros de gelo (conhecidos como testemunhos de gelo) que revelaram a relação entre a concentração de CO₂ na atmosfera e a temperatura do planeta 150 mil anos atrás. Observou-se que nos períodos em que o nível de CO₂ atmosférico estava alto a temperatura também estava alta. Já em 1999 foi possível voltar 400 mil anos na história do clima global, cobrindo quatro eras glaciais, observando a mesma relação.

Em 1988, a *World Meteorological Organization (WMO)* e *United Nations Environmental Programme (UNEP)* criaram o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, com a finalidade de avaliar o conhecimento científico a respeito das mudanças no clima. O Primeiro Relatório do IPCC (1990) destacou a importância das mudanças climáticas como um desafio com consequências globais e que requer cooperação internacional. O Segundo (1995) forneceu material importante para o Protocolo de Quioto em 1997. O Terceiro Relatório (2001) focou a atenção nos impactos das mudanças climáticas e a necessidade de adaptação. Esse relatório tem uma posição mais afirmativa sobre os impactos que o homem exerce sobre o clima: “Existe nova e mais forte evidência de que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos seja atribuível às atividades humanas” (IPCC, 2001).

Nos relatórios seguintes do IPCC (2007, 2013), os níveis de confiança na atribuição da influência humana no clima global aumentaram cada vez mais. O Quinto Relatório (2013) forneceu subsídios científicos para o Acordo de Paris e indicou que:

A influência humana no sistema climático é clara. Isto é evidente a partir do aumento gradativo das concentrações de gases estufa na atmosfera, da forçante radioativa positiva, do aquecimento observado, e da compreensão do sistema climático (IPCC, 2013, p. 15).

O relatório “*Climate Change and Land*”, do IPCC, publicado dia 08 de agosto de 2019, foi resultado de dois anos de trabalho de 103 cientistas de 52

² Estação de pesquisa russa localizada na Antártida fundada em 16 de dezembro de 1957.

países e trata da conexão entre o uso da terra e seus efeitos sobre a mudança climática. O crescimento da população mundial faz com que aumente a produção e consumo de alimentos, o que contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, perda de ecossistemas naturais e diminuição da biodiversidade. De acordo com IPCC (2019) o sistema alimentar responde por cerca de 21-37% de todas as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Durante os anos de 2007 e 2016, a agricultura, silvicultura e outros usos da terra foram responsáveis por cerca de 13% do CO₂, 44% do metano (CH₄) e 81% das emissões de óxido nitroso (N₂O) de atividades humanas, o que representa 23% das emissões antrópicas de GEE (IPCC, 2019).

Vê-se que o tema mudanças climáticas permite abordagens de diferentes ângulos, pois configura-se como assunto multidisciplinar. Como discutido anteriormente, nosso foco primeiramente encontra-se na Física que pode ser abordada no contexto das mudanças que o clima global vem passando e, posteriormente, nas implicações que tais mudanças podem provocar no planeta e, conseqüentemente, na vida de todos nós. Com isso, o tema é tratado de maneira mais transversal, o que facilita a retenção do conhecimento.

No capítulo seguinte faremos uma revisão dos conceitos de Física necessários para um bom entendimento de como a ação humana está influenciando o clima e também das conseqüências decorrentes dessa influência.

3 – Revisão de conceitos físicos

A seguir serão apresentados alguns conceitos físicos importantes para o entendimento de como o dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa influenciam na temperatura do planeta e possíveis consequências.

3.1 Ondas

Os fenômenos ondulatórios são de grande importância na nossa vida cotidiana. Desde ouvir uma música no rádio ou celular até a realização de uma ligação telefônica, passando pelo aquecimento de um alimento no aparelho de microondas, ou mesmo na produção de imagens em um exame de raio X, são todas situações em que o entendimento dos fenômenos ondulatórios se faz necessário para uma adequada compreensão dos processos envolvidos. Por esse motivo, o estudo das ondas, sejam de que tipos forem, tem importância destacada na Física (HALLIDAY, 2009). De maneira geral, uma onda transporta energia de um ponto ao outro. Dessa forma, a troca de informação entre dois pontos distintos pode ocorrer à longa distância, como ocorre por exemplo em uma ligação telefônica (HEWITT, 2015). No contexto da Física, as ondas são classificadas nos seguintes três tipos:

1. Ondas mecânicas: são ondas que só se propagam em meios elásticos, uma vez que a perturbação causada pela passagem da onda só continuará se o meio permitir o transporte de energia. O som é um exemplo de onda mecânica, que tem no ar seu meio de propagação. O entendimento destas ondas é feito por meio da mecânica clássica.

2. Ondas eletromagnéticas: são ondas que não precisam de um meio material para que sua propagação ocorra. Todas as ondas eletromagnéticas possuem, no vácuo, a mesma velocidade que a luz (também uma onda eletromagnética), ou seja, $v=c = 299.792.458$ m/s. A já citada luz, as ondas de rádio e Tv, os raios X, as microondas, são exemplos de ondas eletromagnéticas. O entendimento destas ondas encontra-se no contexto do eletromagnetismo.

3. Ondas de matéria: No início do Séc. XX a radiação eletromagnética passou a ser descrita como um fenômeno dual, ou seja, ora se comportando como onda ora como partícula (TIPLER, 2014). Os resultados de alguns experimentos só eram adequadamente compreendidos quando se atribuía à radiação eletromagnética esse comportamento dual. Em 1924, o francês Louis de Broglie (1892 – 1987) conjecturou que a matéria, assim como a radiação, poderia também apresentar comportamento dual. Tal proposta foi confirmada três anos depois por meio de experimentos. Elétrons, prótons, átomos, ou mesmo moléculas comportam-se como ondas em determinados experimentos. Isso não é válido para a matéria macroscópica, composta de grande número de átomos e moléculas. Tais fenômenos são estudados no contexto da Física Moderna e Física Quântica.

3.2 Ondas mecânicas: ondas em uma corda

A situação mais simples para visualizarmos a formação e propagação de uma onda talvez seja aquela representada na Figura 1. Você segura uma corda por uma de suas extremidades e faz um movimento para cima e para baixo continuamente. A energia que você está transmitindo à corda propaga-se por ela como uma sequência de regiões mais altas e mais baixas que oscilam à medida que a onda passa. Se olharmos fixamente para um ponto na corda, por exemplo o ponto A da Figura 1, o veríamos subir e descer na direção da perturbação, ou seja, na direção em que você está movimentando a extremidade da corda. Os pontos na corda executam um movimento chamado de periódico, pois repete-se no tempo.

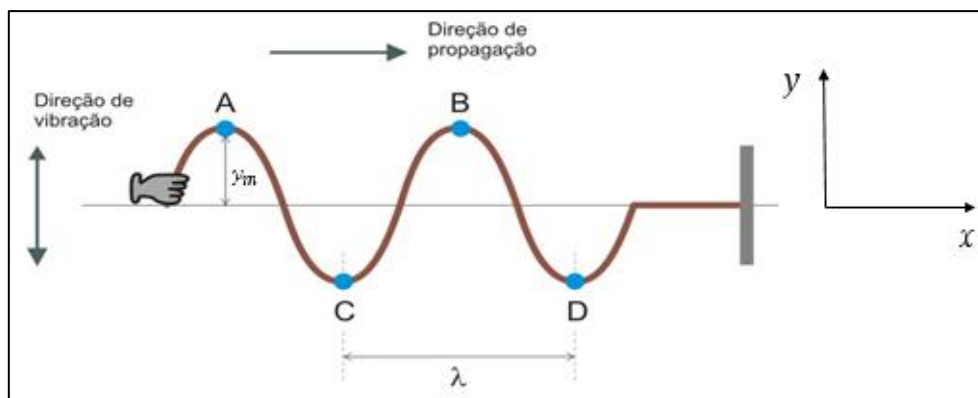


Figura 1 - Onda em uma corda. Fonte: Adaptado de <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2010/11/resolucao-de-preparando-se-para-as.html>. Acesso: 10/12/2020.

Isso é semelhante, por exemplo, ao movimento de um pêndulo na ausência de atrito (Figura 2), que ocupa repetidamente as mesmas posições à medida que o tempo passa. O movimento circular uniforme também pode ser entendido como um movimento periódico. Para os movimentos periódicos são definidos o período, tempo necessário para uma oscilação completa, e a frequência, que é o

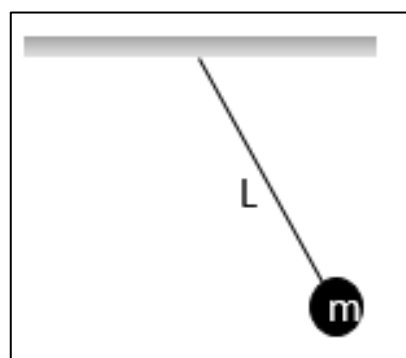


Figura 2 - Pêndulo simples de massa m e comprimento L .
Fonte: a autora.

número de oscilações ocorridas por segundo. As ondas produzidas em uma corda como na Figura 1 estão se propagando em apenas uma direção, de modo que são chamadas de unidimensionais. Ondas produzidas em uma superfície, por exemplo quando jogamos uma pedra na superfície da água, são bidimensionais, pois propagam-se em duas direções (no plano). Já quando produzimos um som, este se propaga no ar nas três dimensões espaciais, sendo classificada como onda tridimensional (BONJORNO, 2016). Para descrever uma onda é necessária uma função que permita observar sua forma. Será utilizado como exemplo a onda unidimensional na corda para discutirmos a relação entre o deslocamento transversal y (função de onda), a posição horizontal x e o tempo, ou seja, procuramos uma função na forma $y = h(x, t)$. Ondas como a representada na Figura 1 são chamadas de transversais, pois sua propagação é perpendicular à direção da vibração. A fonte da onda pode controlar sua amplitude y_m e também seu comprimento de onda λ . A velocidade

de propagação da onda depende de características do meio (tensão τ e densidade linear μ da corda), na forma

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}},$$

não dependendo da fonte. Os pontos A e B na Figura 1 (e outros igualmente espaçados) estão na chamada crista da onda, enquanto que os pontos C e D estão nos chamados vales.

Várias formas para a função $y(x, t)$ são possíveis, dentre elas uma que representa as chamadas ondas senoidais. Nesse caso a forma da onda na corda é descrita por uma função seno ou cosseno. Nesse trabalho será utilizado a função seno. Assim, para uma onda progressiva que se desloca no sentido de x crescente (conforme Figura 1) a função de onda é descrita pela seguinte relação:

$$y(x, t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t).$$

No quadro abaixo, nominamos os parâmetros presentes na função de onda.

$y(x, t) =$ Deslocamento vertical	
$y_m =$ Amplitude	
$\text{sen}(kx - \omega t) =$ fator oscilatório	$k =$ Número de onda $x =$ Posição horizontal $\omega =$ Frequência angular $t =$ Tempo

Se o sentido de propagação for oposto ao descrito acima teríamos então

$$y(x, t) = y_m \text{sen}(kx + \omega t).$$

A amplitude y_m é o módulo do deslocamento máximo a partir da posição de equilíbrio. A crista indica o ponto máximo da onda, enquanto o vale, representa a ponto mínimo. Porém, como y_m é um módulo, a amplitude será sempre positiva.

O argumento ($kx - \omega t$) da função seno é a chamada fase da onda. A oscilação de um elemento da corda é dada pela função seno e pela variação da fase com o tempo. Já a amplitude determina os extremos do deslocamento.

Comprimento de onda λ é a distância (paralela à direção de propagação da onda) entre valores repetidos sucessivos num padrão de onda. Pode ser medido a partir de duas cristas sucessivas ou dois vales sucessivos, conforme a Figura 3.

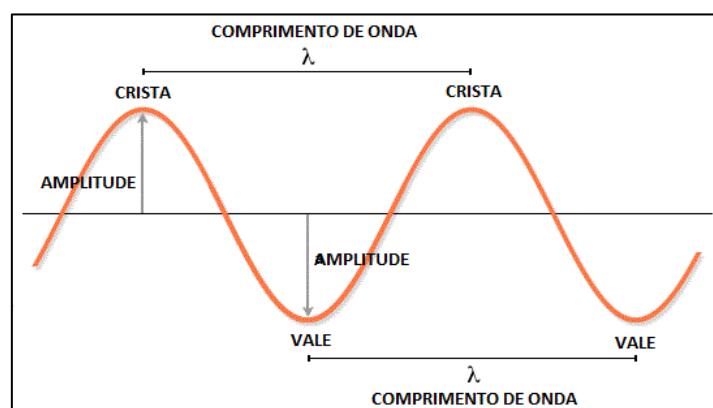


Figura 2 – Representação esquemática do conceito de comprimento de onda e da amplitude da onda. Fonte: <https://athoselectronics.com/frequencia-como-funciona/>. Acesso: 10/12/2020.

Como mencionamos anteriormente, o tempo que um elemento da corda leva para realizar uma oscilação completa é chamado de período T . O período também pode ser medido como o tempo necessário para a chegada de duas cristas (ou vales) sucessivas. Já o número de cristas (ou vales) que passam por um dado ponto por segundo é a frequência f da onda (ver Figura 4). Quanto maior for o período menor será a frequência, e vice-versa. A relação entre estes parâmetros é então

$$f = \frac{1}{T}.$$

A unidade de frequência é o s^{-1} ou Hertz (abreviado por Hz).

O período está relacionado com a frequência angular ω (em radianos por segundo) através da equação:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Sabendo a relação entre frequência e período podemos escrever que

$$\omega = 2\pi f.$$

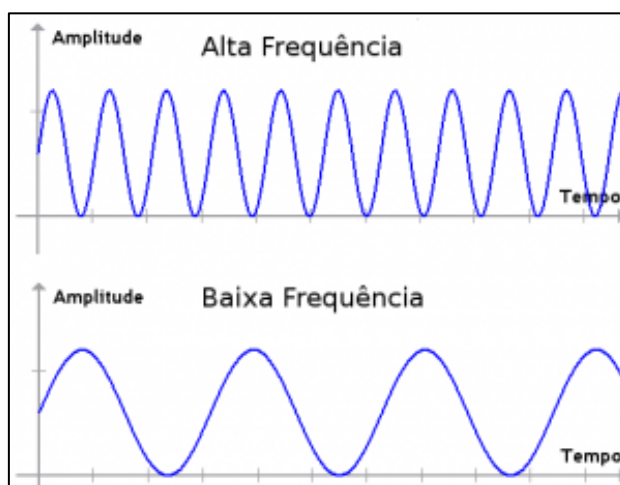


Figura 3 – Representação esquemática de duas ondas com frequência diferentes. Na onda superior, a onda tem frequência alta, enquanto na inferior a onda tem frequência baixa.

Fonte: <https://magroove.com/blog/pt-br/frequencia/>. Acesso: 10/12/2020.

Apesar da velocidade de propagação da onda ser definida pelo meio no qual a onda se propaga, podemos calculá-la se conhecermos λ e f . Como o tempo necessário para a onda percorrer 1λ é igual a $1 T$, a velocidade é então

$$v = \frac{\lambda}{T},$$

de modo que

$$v = \lambda f.$$

Diferentemente da onda na corda, o som é um tipo de onda mecânica chamada de longitudinal. A perturbação que produz a onda ocorre na mesma direção de propagação. Diferentes vibrações podem produzir ondas sonoras, seja você falando ou mesmo um objeto que você tenha deixado cair.

As ideias de amplitude, frequência, período, comprimento de onda, frequência angular são igualmente úteis na descrição das ondas sonoras. Além disso, sons que possuam a mesma frequência podem ser distinguidos por seres humanos devido ao parâmetro chamado de timbre, que está ligado ao formato da função de onda. Sons com frequências muito altas (acima de 20000 Hz) ou muito baixas (abaixo de 20 Hz) não são audíveis para o ser humano. Os

conceitos até aqui apresentados são também úteis no estudo das ondas eletromagnéticas, que são o foco da nossa atenção no presente trabalho, e tema da próxima seção.

3.3 Ondas Eletromagnéticas

O Séc. XIX viu a sistematização de uma teoria científica que teve enorme impacto no estilo de vida das sociedades humanas. Estamos falando do eletromagnetismo, campo da Física que estuda os fenômenos elétricos e magnéticos. Diversos cientistas tiveram importante papel na estruturação de conceitos e na realização de experimentos fundamentais para o desenvolvimento do eletromagnetismo, dentre eles Michael Faraday (1791 – 1867) e James Clerk Maxwell (1831 – 1879). Podemos resumir décadas de elaborado trabalho nos seguintes resultados:

- 1) Cargas elétricas (positivas ou negativas) em repouso tem a elas associados campos elétricos \vec{E} , cujas intensidades diminuem à medida que se afasta das cargas. A intensidade do campo elétrico cai com o quadrado da distância até a carga. Duas cargas q_1 e q_2 , situadas a uma distância r uma da outra, sentem uma força de intensidade dada pela Lei de Coulomb³

$$F = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

onde $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ é a constante eletrostática.

- 2) Cargas elétricas em movimento produzem campos magnéticos \vec{B} . Se for estabelecida uma corrente elétrica I em um fio retilíneo infinito, a intensidade do campo magnético a uma distância perpendicular r do fio é

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

³ Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806).

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T.m/A}$ é a permeabilidade magnética do vácuo. O resultado anterior para o campo gerado pelo fio pode ser obtido por meio da Lei de Ampere⁴.

- 3) Um campo magnético que varia no tempo produz um campo elétrico variável. Este fenômeno que está por trás, por exemplo, do funcionamento dos motores elétricos, foi demonstrado por Faraday em 1831 (GRIFFITHS, 2010).
- 4) Campos elétricos que variam no tempo dão origem a campos magnéticos induzidos que variam no tempo. Isso é válido independentemente da existência de fios ou cargas em uma determinada região do espaço. Um campo magnético surgirá sempre que houver um campo elétrico variável.

Considerando os resultados 3) e 4) acima vemos que há uma simetria entre os campos induzidos \vec{E} e \vec{B} . Assim, um campo elétrico variável induzirá um campo magnético variável que por sua vez induzirá outro campo elétrico variável e assim por diante. Maxwell obteve em sua teoria do eletromagnetismo a existência de ondas eletromagnéticas como resultado dos campos induzidos \vec{E} e \vec{B} . Estes campos são perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda eletromagnética (ver Figura 5).

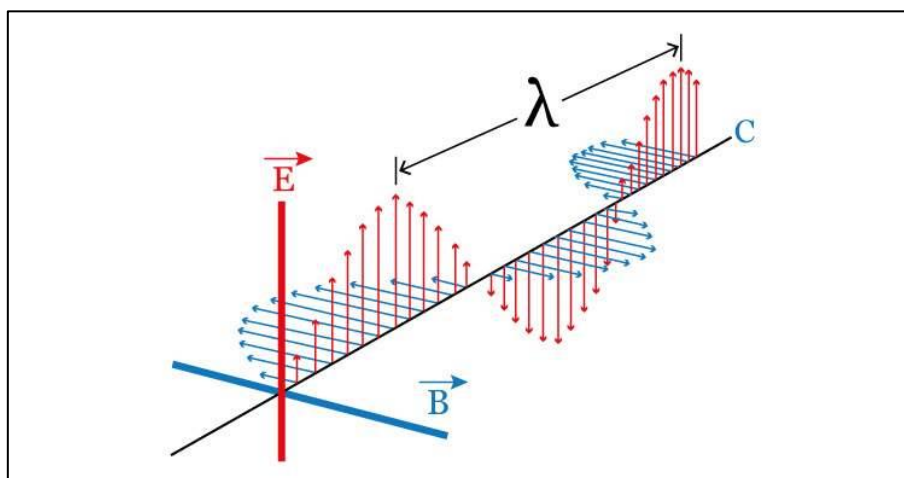


Figura 4 - Propagação da onda eletromagnética. Fonte:

<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/ondas-eletromagneticas>. Acesso: 10/12/2020

⁴ André-Marie Ampère (1775- 1836).

A velocidade de propagação dessas ondas no vácuo podia ser calculada por

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = 299792458 \text{ m/s,}$$

onde $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ é a permissividade elétrica do vácuo. Essa velocidade era muito próxima da velocidade medida experimentalmente para a luz. Maxwell então propôs que a luz era uma onda eletromagnética. Em outras palavras, a luz e, por exemplo, ondas de rádio, possuem a mesma natureza, tendo como diferença apenas a frequência da onda (e conseqüentemente o comprimento de onda). Maxwell unificou a ótica ao eletromagnetismo.

Em 1888, Heinrich Hertz (1857 – 1894) demonstrou experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas. Seres humanos conseguem enxergar uma faixa de frequências que vão por volta de $4,3 \times 10^{14}$ Hz até $7,5 \times 10^{14}$ Hz (350 nm a 700 nm em termos de comprimento de onda). Somos “cegos” a outras frequências. Se fizermos uma escala com base na frequência (ou também do comprimento de onda) das ondas eletromagnéticas teremos o chamado espectro eletromagnético. A Figura 6 ilustra um corte desse espectro com destaque para a faixa de frequências que são visíveis aos seres humanos.

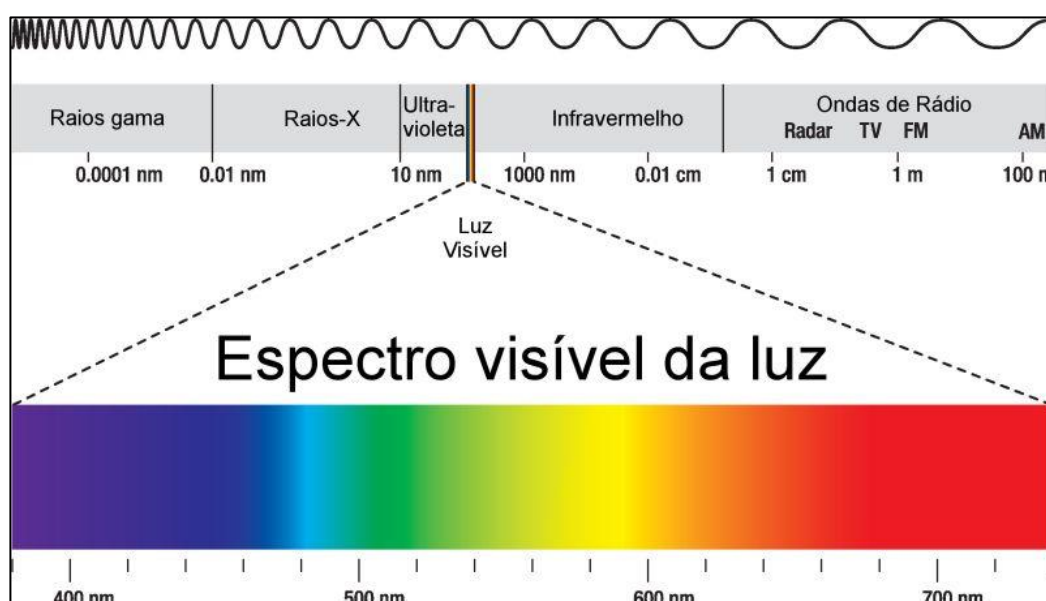


Figura 5 - Espectro eletromagnético. Fonte: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>. Acesso: 10/12/2020

O espectro eletromagnético se estende desde as ondas de baixa frequência, como as ondas de rádio, até as de maior frequência, como as da radiação gama. Não existem lacunas no espectro e todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade.

A interação da radiação com a matéria só foi bem compreendida com o advento da Física Quântica no início do século passado. Em 1900, o físico alemão Max Planck (1858 – 1947) propôs que a matéria só absorveria ou emitiria energia em múltiplos inteiros de uma certa quantidade, e não de forma contínua como acreditava-se até então. A energia é transportada em pacotes. A partir dessa ideia, Albert Einstein (1879 – 1955) postulou que o campo eletromagnético também deveria ser quantizado. O quantum de luz foi batizado de fóton. Com essa proposta, Einstein explicou de maneira satisfatória o chamado efeito fotoelétrico⁵. A energia da radiação incidente está, portanto, ligada à energia dos fótons incidentes.

Pode-se calcular essa energia através da relação de Planck-Einstein

$$E = h\nu,$$

onde $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação (do fóton) em questão. Dessa forma, vemos que quanto maior for a frequência da radiação (ν maior), maior será a energia incidente.

3.3.1 Radiação ultravioleta

É a radiação eletromagnética com frequências acima de 10^{15} Hz e abaixo de 10^{17} Hz. É uma radiação muito energética (alta frequência) e pode ser potencialmente danosa aos seres humanos em casos de longa exposição desprotegida. O ozônio (O_3) presente nas camadas superiores da nossa atmosfera nos protege de boa parte da ação dessa radiação. Durante o Séc. XX, a larga utilização de produtos derivados dos clorofluorcarbonos (CFCs) causou o afinamento da camada de ozônio, reduzindo sua proteção. Um acordo

⁵ Emissão de elétrons da superfície de materiais metálicos quando são expostos à radiação eletromagnética.

global banuiu a utilização de CFCs, o que está permitindo a regeneração da camada de ozônio.

3.3.2 Radiação infravermelha

É a radiação eletromagnética com frequências entre 10^{12} Hz e 10^{14} Hz. O movimento dos átomos e moléculas em nossos corpos ou qualquer objeto produz ondas eletromagnéticas devido à energia térmica. As frequências das ondas produzidas são chamadas de radiação infravermelha. Todo corpo que possua alguma temperatura emite essa radiação, inclusive nosso planeta.

A forma como a radiação vai interagir com um determinado objeto depende de qual substância compõe esse objeto e também da frequência da radiação incidente. O vidro, por exemplo, é transparente à radiação na faixa do visível e opaco ao ultravioleta e ao infravermelho. Quando a radiação infravermelha emitida pela Terra encontra os gases atmosféricos, será absorvida por alguns, por exemplo o dióxido de carbono, mas não por outros, como por exemplo o nitrogênio. Os gases que absorvem radiação infravermelha posteriormente a reemitem em todas as direções, inclusive de volta à Terra, mantendo o planeta aquecido. Se houver energia térmica em excesso, boa parte dela irá para os oceanos, provocando o aumento de seu volume, como será discutido na próxima seção.

3.4 Dilatação Térmica

Uma das consequências do aquecimento global é o aumento dos níveis oceânicos, resultado de dois processos:

1) Derretimento de massas de gelo: com o aumento da temperatura, uma maior quantidade de gelo derrete. O que está nos mares vai permanecer ali, só que em estado líquido, não influenciando na variação de volume. Porém, as massas de gelo que estão sobre terra firme irão escoar em direção aos mares e

oceanos. A quantidade de energia Q necessária para fundir uma determinada massa m de gelo depende do calor latente de fusão L_F da água na forma

$$Q = L_F m.$$

No caso da água $L_F = 333 \times 10^3$ J/Kg, ou seja, são necessários 333×10^3 J de energia para derreter cada quilo de gelo. Quanto mais energia em excesso estiver disponível na atmosfera, maiores quantidades de gelo serão fundidos, alterando os ciclos de aumento e diminuição sazonais das camadas de gelo no planeta. Aquecimento e degelo reforçam-se mutuamente através de mecanismos de retroalimentação. Uma vez que o gelo derreteu, a superfície absorverá mais energia, pois o gelo reflete a radiação solar.

2) Dilatação volumétrica:

quando a temperatura de um sólido ou de um líquido aumenta, a energia extra faz com que a distância média entre os átomos que compõem o material cresça, fazendo com que o volume ocupado pela substância também aumente. É preciso levar esse fenômeno em



Figura 6 - Laço de expansão térmica em tubulação de óleo. Fonte: www.wikiwand.com/en/Thermal_expansion. Acesso em 10/12/2020.

conta, por exemplo, quando se constroem tubulações que transportam óleo e gás, como a da Figura 7. O desvio feito na tubulação tem como objetivo permitir a dilatação do mesmo na estação mais quente e também sua contração na estação mais fria, impedindo eventuais danos na estrutura. Na construção de uma ponte também é importante se atentar para a dilatação térmica. Na Figura

8 podemos ver uma junta de dilatação colada em uma ponte para permitir seu deslocamento térmico.

Quando a temperatura de um objeto com coeficiente de dilatação volumétrica β e volume inicial V_i , aumenta de T_i para T_f , a variação do volume é (HALLIDAY, 2019)

$$\Delta V = V_i \beta (T_f - T_i),$$

de modo que o novo volume será

$$V = V_i + \Delta V$$

$$V = V_i + V_i \beta (T_f - T_i)$$

$$V = V_i [1 + \beta (T_f - T_i)].$$

Quanto maior for o coeficiente de dilatação e a variação de temperatura, maior será o aumento ou a diminuição do volume.

O mesmo fenômeno acontece em líquidos.

A água aumenta seu volume ao ser aquecida. No entanto, ela tem um comportamento um pouco diferente de outros líquidos. A água não se dilata quando aumentamos sua temperatura na faixa de

0 a 4°C. Ela só se dilata quando está acima de 4°C e a temperatura é aumentada. A densidade do gelo a 0°C é então menor do que a da água a 4°C. Essa propriedade é muito importante para a vida em lagos e lagoas, uma vez que durante longos períodos de baixas temperaturas o gelo se forma inicialmente na superfície da água, protegendo o interior daqueles ecossistemas e preservando as diversas espécies animais e vegetais que ali habitam.

Com o aquecimento global, mares e oceanos estão se dilatando, ou seja, uma mesma quantidade do líquido está ocupando mais espaço depois de aquecido, acarretando no aumento do nível do mar e conseqüentemente no avanço da água em regiões litorâneas. Segundo o IPCC o aumento médio no nível dos oceanos durante o Séc. XX foi de 1,4 mm por ano. De lá para cá houve uma



Figura 7 - Junta de expansão em uma ponte. Fonte: www.wikiwand.com/en/Thermal_expansion. Acesso em 10/12/2020.

aceleração e o aumento foi para 3,6 mm por ano, com perspectivas de que continue acelerando ao longo do presente século. Em muitos países, uma parte significativa das populações vive em regiões litorâneas, o que acarretará em impactos sociais e econômicos.

3.5 Efeito estufa e aquecimento global

A maior parte da radiação solar entra na atmosfera terrestre e o restante é refletido para o espaço. Da radiação que entra, parte é absorvida pela superfície terrestre e pelos oceanos, outra parte é refletida. A Terra é aquecida por esses raios, reemitindo radiação na faixa do infravermelho. Como ilustrado na Figura 9, uma parcela da radiação irradiada pela superfície terrestre fica retida na atmosfera, os gases de efeito estufa absorvem e reemitem novamente radiação infravermelha em várias direções, sendo que parte da radiação é perdida para o espaço e parte volta para a superfície. Dessa forma, mantém-se o equilíbrio energético e evitam-se grandes amplitudes térmicas.

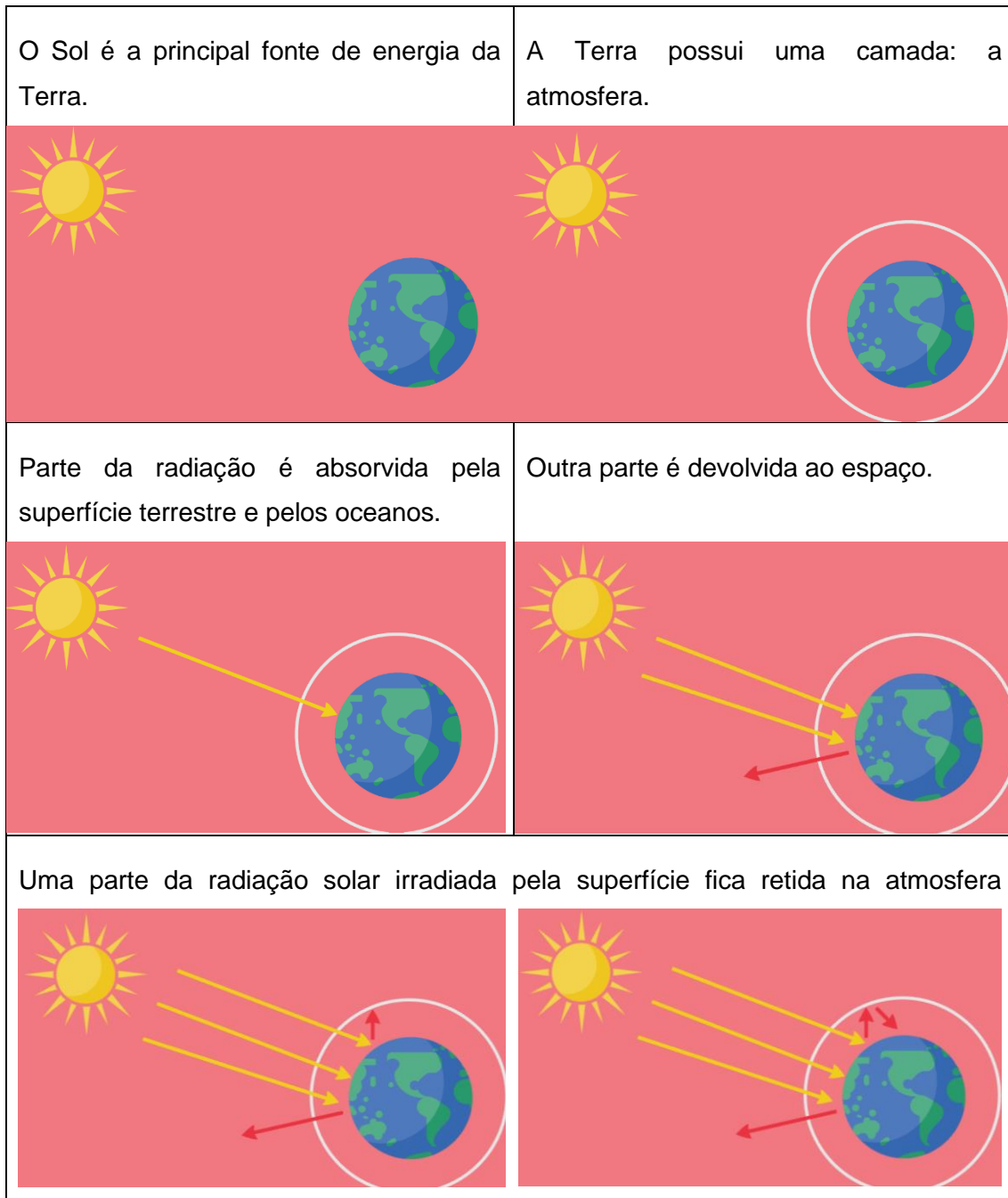


Figura 8 - Efeito Estufa. Fonte: autora (2020)

O Sol e a Terra emitem radiação, assim como qualquer corpo com temperatura acima do zero absoluto ($-273,16^{\circ}\text{C}$) emite ondas eletromagnéticas. Por isso, é necessário entender a diferença entre o espectro de emissão solar e o da Terra.

A potência da radiação emitida depende da temperatura do corpo, podendo ser determinada através da Lei de Stefan-Boltzmann

$$P = \epsilon A \sigma T^4,$$

onde:

A é a área da superfície emissora;

$\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann;

T é a temperatura absoluta (escala Kelvin) do corpo emissor;

ϵ é a emissividade do corpo ($0 < \epsilon < 1$). Objetos bons absorvedores e emissores de radiação tem valores de ϵ próximos de 1. Já aqueles que são maus absorvedores e emissores tem emissividade próxima de 0. O objeto com $\epsilon = 1$ é um corpo hipotético conhecido como corpo negro. Atualmente (ano 2021) as substâncias com maior emissividade são o Vantablack⁶ com $\epsilon = 0,99965$, e um material desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT) nos EUA com $\epsilon = 0,99995$.

Já a Lei de Wien estabelece que o máximo de radiação se desloca para menores comprimentos de onda à medida que a temperatura aumenta (ver Figura 10). Matematicamente temos

$$\lambda_{max} = \frac{k}{T}$$

onde $k = 2,8976 \times 10^{-3} \text{m.K}$ e novamente T é a temperatura absoluta.

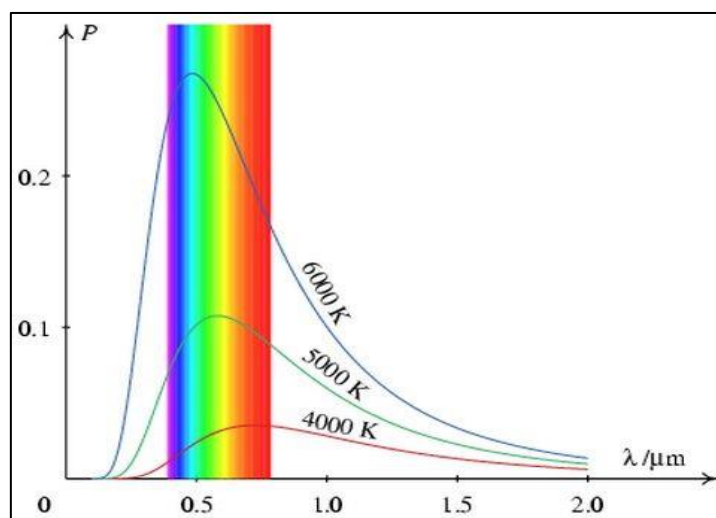


Figura 9 - Intensidade da radiação emitida versus o comprimento de onda para um corpo negro ideal. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=23505>. Acesso: 10/12/2020.

⁶ Desenvolvido pela empresa britânica Surrey NanoSystems.

A superfície do Sol está a uma temperatura média de 5.700 K, emite a maior parte de sua energia no comprimento de onda de 0,5 μm , aproximadamente. Já a Terra possui temperatura média de 288 K, tem seu pico de emissão na faixa de 10 μm .

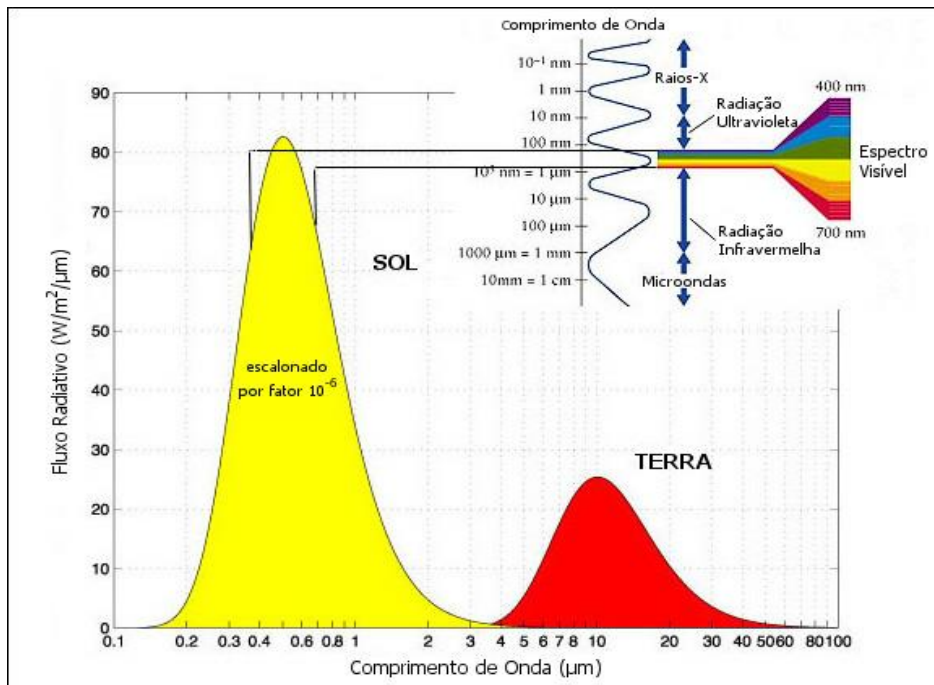


Figura 10 - Intensidade da radiação emitida versus o comprimento de onda para um corpo negro ideal. Fonte: http://recursosolar.geodesign.com.br/Pages/Sol_Rad_Basic_RS.html. Acesso: 15/04/2021.

Observando o espectro eletromagnético (Figura 6) e a Figura 11, verifica-se que o pico de emissão do Sol está na faixa da luz visível e o da Terra na faixa de comprimentos de onda do infravermelho.

Uma importante questão é entender como a radiação interage com a atmosfera terrestre. Como sabemos, a atmosfera do nosso planeta é formada por vários gases de efeito estufa: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e Clorofluorcarbonos. O objeto da análise que se seguirá focará na molécula de dióxido de carbono, mas pode se estender para os demais gases de efeito estufa.

Interação das moléculas dos gases-estufa com a luz

Iniciaremos com um breve estudo da espectroscopia vibracional, campo do conhecimento que trata da espectroscopia do infravermelho na faixa entre 1 μm a 100 μm . A Figura 12 é uma representação do espectro do infravermelho da molécula de dióxido de carbono (CO_2), que mostra a intensidade da radiação transmitida através de uma amostra do gás versus o comprimento de onda da radiação.

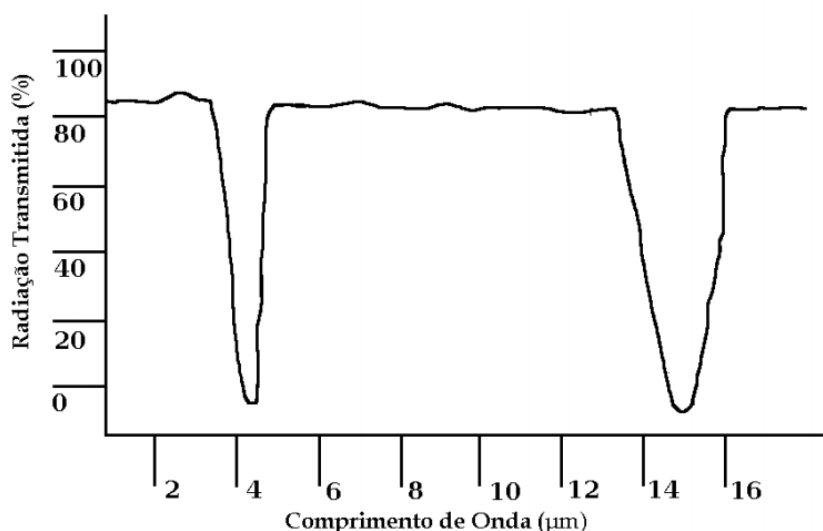


Figura 11 - Espectro do infravermelho da molécula de CO_2 . Fonte: Junges et al., 2018.

Observamos que existem duas faixas, chamadas bandas de absorção, localizadas por volta de 4,2 μm e 15 μm , onde a intensidade da radiação transmitida diminui. Isso significa que quando a radiação infravermelha incide sobre uma amostra de CO_2 , ele absorve os comprimentos de ondas da radiação nas proximidades de 4,2 μm e 15 μm , não deixando passar a radiação com esses comprimentos.

O dióxido de carbono é uma molécula linear triatômica que possui quatro modos normais de vibração: estiramento simétrico, estiramento assimétrico e dois modos de deformação angular (ver Figura 13).

As ligações químicas da molécula de CO_2 podem vibrar de acordo com diferentes orientações e frequências ao interagir com radiação. Se incidir radiação infravermelha na molécula de CO_2 com frequência compatível com a

frequência dos modos normais de vibração, a molécula de CO₂ pode absorver a radiação (SMITH, 1999). Porém, nem todos os modos normais de vibração absorvem radiação. Para que isso ocorra, é necessária uma mudança no momento de dipolo da molécula durante a vibração. Havendo interação entre o momento de dipolo e os campos elétricos e magnéticos da radiação (BANWELL, 1972; SMITH, 1999).

O momento de dipolo é uma grandeza vetorial definida como o produto da carga elétrica pela distância entre as cargas (positiva e negativa) do dipolo elétrico. A molécula de CO₂ em seu estado fundamental é uma molécula linear e apolar (O=C=O), ou seja, não possui momento de dipolo. Isto é assim, porque, embora as ligações entre os átomos de carbono e oxigênio (C=O) sejam polares (com carga parcial negativa para o lado do oxigênio e positiva para o lado do carbono), os vetores do momento de dipolo de cada ligação (C=O) se anulam, em função da simetria, fazendo com que o momento de dipolo total da molécula seja nulo. Porém, quando a molécula de CO₂ passa a vibrar ela pode apresentar um momento de dipolo não nulo que é capaz de interagir com os campos elétricos e magnéticos associados à radiação infravermelha. (Junges et al., 2018, p. 136)

No modo de vibração simétrico, onde a molécula estica e comprime simetricamente, os átomos de oxigênio mantêm-se simetricamente posicionados em relação ao carbono. Logo, o momento de dipolo permanece nulo e esse modo não absorve radiação. Já nos modos de vibração assimétrico e deformação angular, “ocorre uma mudança periódica do momento de dipolo da molécula durante a vibração, logo estes dois modos são ativos e absorvem radiação” (BANWELL, 1972, apud JUNGES et al., 2018).

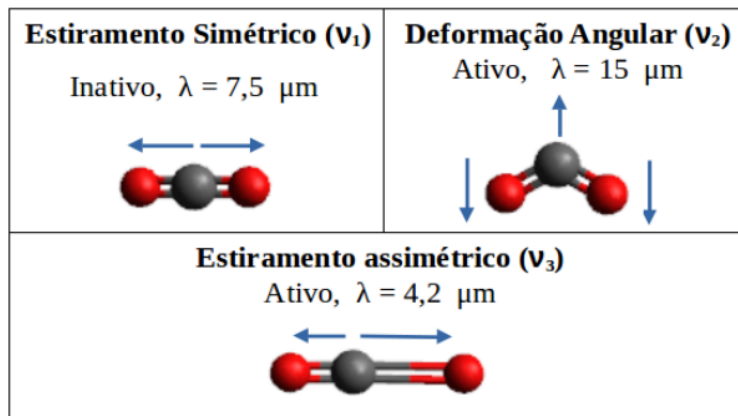


Figura 12 - Os modos normais de vibração do CO_2 . Fonte: Junges et al., 2018.

Esses dois modos, com comprimentos de onda de $4,2 \mu\text{m}$ e $15 \mu\text{m}$, estão representados no espectro do infravermelho do dióxido de carbono (Figura 12). Essas bandas de absorção, de $4,2 \mu\text{m}$ e $15 \mu\text{m}$, estão na faixa de emissão da Terra, com comprimentos de onda no infravermelho. O pico de emissão da Terra é $10 \mu\text{m}$, ou seja, a absorção de radiação de $15 \mu\text{m}$ é intensa.

Assim, o CO_2 e outros gases de efeito estufa absorvem energia em determinadas faixas do infravermelho e reemitem em todas as direções, de volta para a Terra inclusive, mantendo nosso planeta aquecido. Se a Terra devolvesse ao espaço a mesma quantidade de radiação que recebe, não sobraria energia para que os sistemas biológicos e ecológicos sobrevivessem, já que a temperatura seria muito baixa.

No entanto, se a concentração dos gases de efeito estufa for aumentada natural ou artificialmente (ação humana) a quantidade de energia retida na atmosfera pode produzir resultados indesejáveis na biosfera terrestre. A concentração desses gases já foi maior no passado do planeta, mas ocorreram em uma escala de tempo muito grande. O aquecimento global vivenciado na atualidade é o aumento artificial e rápido na concentração de gases estufa na atmosfera, em decorrência da atividade industrial a partir do Séc. XVIII. Como consequência, está ocorrendo um aumento da temperatura média da Terra e mudanças climáticas que afetam a vida no planeta.

A seguir apresentamos os fundamentos em ensino-aprendizagem que foram utilizados para que fosse possível apresentar aos alunos um produto educacional baseado em diferentes formas de ensino e que fosse mais atrativo

do ponto de vista científico, uma vez que a Física aparece de forma contextualizada com o apoio de simulações e experimentos.

4 – Revisão bibliográfica

4.1 Contextualização

Os alunos, ao entrar na sala de aula, já possuem conhecimentos sobre o tema, adquiridos através da interação com o mundo e pessoas a sua volta. Com esses conhecimentos prévios, eles são capazes de explicar muitos fenômenos, porém são limitados a situações particulares e nem sempre da maneira cientificamente aceita.

Os saberes desenvolvidos fora do ambiente escolar devem ser considerados durante o processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, uma abordagem contextualizada permite a inserção do conhecimento disciplinar em uma realidade vivida pelos alunos (KATO e KAWASAKI, 2011). Além disso,

[...] serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno, extraí-la do seu contexto e projetá-la para a análise. Ou seja, consiste em elaborar uma representação do mundo para melhor compreendê-lo. Essa é uma competência crítico-analítica e não se reduz à mera utilização pragmática do conhecimento científico. (Brasil, 2008, p. 51)

O ensino contextualizado leva em conta aspectos pessoais, sociais e culturais. Trazer os contextos do cotidiano dos alunos para os contextos de ensino torna as aulas mais interessantes e aprendizagem mais significativa, pois dá sentido aos conceitos estudados (KATO e KAWASAKI, 2011). Aprendizagem significativa:

[...] é aprendizagem com significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência; oposta à aprendizagem mecânica, puramente memorística, sem significado, sem entendimento; dependente essencialmente do conhecimento prévio do aprendiz, da relevância do novo conhecimento e de sua predisposição para aprender (Moreira, 2000, p. 6).

Quando a aprendizagem significativa é também crítica, o aluno consegue “lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela manejar a informação e usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo” Moreira (2000).

Na categoria Contextualização Sociocultural do PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), são indicadas algumas competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física, apresentadas a seguir:

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes (Brasil, 1999, p. 29).

A escola tem como meta ampliar a compreensão que os alunos têm do mundo em que vivem (BRASIL, 2008). É importante que haja uma ponte entre a sala de aula e as vivências do aluno, cabendo ao professor o papel de mediador, orientando e ensinando os alunos a observar, refletir e atuar no meio em que estão inseridos. Dessa forma, o ensino de temas como os aqui tratados nesta dissertação contribuem para uma melhor compreensão dos alunos acerca do impacto das ações humanas em nosso planeta e também em nosso país e região.

4.2 Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

O movimento CTS surgiu entre as décadas de 1960 e 1970 como crítica a forma de como a ciência e tecnologia eram vistas pela sociedade.

O agravamento dos problemas ambientais e discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade fizeram com que crescesse no mundo todo um movimento que passou a refletir mais criticamente as relações entre ciência, tecnologia e a sociedade em que esses conhecimentos estão inseridos. Esse processo fez com que a partir da década de 1970 fosse buscado o desenvolvimento de novos currículos de ensino de Ciências que buscavam incorporar conteúdos de CTS (SANTOS, 2007, p. 477).

Após, foi adotado a sigla A junto ao CTS, transformando-o em CTSA, em que o ambiente também possuía lugar de destaque nas discussões. Visto que, “não podemos deixar de lado o ambiente quando tratamos das relações entre ciência e tecnologia e a sociedade em que elas se dão” (QUINATO, 2013). Logo, a abordagem de ensino Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) está vinculada à educação= científica e ambiental do cidadão.

Nessa perspectiva, atualmente um Ensino de Ciências que vise uma abordagem CTSA deve incorporar no seu desenvolvimento questões relativas ao desenvolvimento sustentável; aspectos relacionados à tomada de decisões de forma crítica e informada em assuntos que envolvam ciência e tecnologia; questões éticas e de raciocínio moral; dimensões pessoais, sociais e políticas relacionadas à ciência e tecnologia; reconstrução social por meio da ação dos cidadãos; e incorporação de aspectos relacionados à NdC no ensino de Ciências (PEDRETTI, 2003, apud Quinato, 2013, P. 31).

Ao se inserir temas sociais nas aulas é importante repensar as práticas e metodologias de ensino. A seguir, SANTOS e MORTIMER (2002) descrevem

alguns princípios que diferenciam o currículo CTS em relação aos convencionais:

A preocupação com a formação de atitudes e valores em contraposição ao ensino memorístico de pseudopreparação para o vestibular; a abordagem temática em contraposição aos extensos programas de ciências alheios ao cotidiano do aluno; o ensino que leve o aluno a participar em contraposição ao ensino passivo, imposto sem que haja espaço para a sua voz e suas aspirações. Enfim, uma reforma curricular de CTS implica mudanças de concepções do papel da educação e do ensino das ciências (SANTOS; MORTIMER, 2002, p 127).

Atualmente, a escola tem como princípio básico formar cidadãos para atuar na sociedade. Segundo Santos e Mortimer (2002), o objetivo da educação CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica, auxiliando os alunos na construção do conhecimento, habilidades e valores relevantes na tomada de decisões responsáveis e atuar na solução de problemas. Logo, é importante incluir nas aulas temas que façam parte da vida dos estudantes. O quadro a seguir apresenta algumas propostas educativas para o Ensino de Ciências CTSA:

- Inclusão da dimensão social da ciência e da tecnologia no ensino de Ciências.
- Utilização da presença da tecnologia no ensino de Ciências como elemento capaz de facilitar a conexão com o mundo real e também uma melhor compreensão da Natureza da Ciência e tecnociência contemporâneas
- Relevância dos conteúdos para a vida pessoal e social das pessoas possibilitando o trabalho com problemas cotidianos relacionados com ciência e tecnologia tais como, saúde, higiene, nutrição, consumo, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, etc.
- Relevância das discussões democráticas da sociedade civil para tomar decisões responsáveis em assuntos públicos relacionados com ciência e tecnologia, reconhecendo também que as decisões que se tomam e baseiam em valores pessoais, sociais e culturais.

- Identificação de questões chave que se relacionam com ciência e tecnologia, a familiarização com procedimentos de acesso a informação científica e tecnológica relevantes, sua interpretação, análise, avaliação, comunicação e utilização.
- Abordagem do papel humanístico e cultural da ciência e da tecnologia.
- Utilização da ciência e tecnologia para propósitos sociais específicos e para a ação cívica.
- Consideração da ética e dos valores da ciência e da tecnologia.
- Abordagem do papel do pensamento crítico para o trabalho com ciência e tecnologia.

Quadro: Propostas educativas para o Ensino de Ciências promovido pelo movimento CTS.
Fonte: traduzido de ACEVEDO, 2004 apud Quinato, 2013, p. 31.

Outro contexto que pode ser abordado nessa proposta de ensino é discussões e debates, dando oportunidade para os estudantes participarem e expressarem suas opiniões, com o objetivo de formar um cidadão crítico, questionador e com autonomia para compreender situações que envolvam ciência e tecnologia, evidenciando o papel que eles têm na sociedade. Neste sentido, Santos (2007) faz a seguinte afirmação sobre o pensamento crítico e o ensino CTS:

Consideramos que pensar em educação científica e tecnológica crítica significa fazer uma abordagem com a perspectiva CTS com a função social de questionar os modelos e valores de desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade. Assim, uma pessoa letrada tecnologicamente teria o poder e a liberdade de usar os seus conhecimentos para examinar e questionar os temas de importância na sociotecnologia. Isso implica ser crítico no uso da tecnologia, ou seja, ter a habilidade intelectual de examinar os prós e contras do desenvolvimento tecnológico, examinar seus benefícios e seus custos e perceber o que está por trás das forças políticas e sociais que orientam esse desenvolvimento. Isso vai além do conhecimento técnico específico sobre o uso da tecnologia que também se torna importante no mundo atual dominado por tantos aparatos tecnológicos. (...) uma perspectiva de CTS/CTSA crítica tem como propósito a problematização de temas sociais, de modo a assegurar um comprometimento social dos educandos (SANTOS, 2007, p. 482-483).

Para isso, é fundamental propor alternativas metodológicas que, pautadas em pressupostos teóricos, conduzam os alunos a uma compreensão de ciência capaz de lhes fornecer condições de melhor entenderem o mundo circundante e dele participarem de forma crítica e atuante. Durante a aplicação do produto educacional foram colocadas questões que suscitaram debates entre os alunos, o que enriqueceu a experiência de ensino-aprendizagem.

4.3 Atividades Experimentais

As atividades experimentais têm sido defendidas há algumas décadas como estratégia de ensino, sendo consideradas por muitos pesquisadores como algo importante no ensino de ciências. Pinho Alves (2000) defende essa estratégia, de acordo com ele “para fazer Física, é preciso laboratório, então, para aprender Física, ele também é necessário”. No entanto, por diferentes motivos, muitos professores ainda não adotam experimentos em suas aulas.

A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório. No entanto, isso não significa que ele faça uso do mesmo em aula (Pinho Alves, 2000, p. 174):

O uso das atividades experimentais pode auxiliar na redução das dificuldades no ensino e aprendizagem e segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio é indispensável no ensino de Física, conforme o trecho a seguir:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (Brasil, 2002, p. 84)

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino

Médio as atividades experimentais podem ainda contemplar desde situações com foco na verificação de leis e teorias, até situações que favorecem a oportunidade de os estudantes analisarem e refletirem as suas ideias acerca dos fenômenos, podendo reestruturar os seus modelos. Porque:

Experimental pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola, desmontar objetos tecnológicos, tais como chuveiros, liquidificadores, construir aparelhos e outros objetos simples, como projetores ou dispositivos óptico-mecânicos. Pode também envolver desafios, estimulando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais (Brasil, 2002, p. 84).

Borges (2002) recomenda que para que as atividades experimentais facilitem o aprendizado, deve-se haver um planejamento cuidadoso, onde sejam consideradas as ideias prévias dos estudantes, o tempo necessário, as habilidades necessárias e a segurança. No entanto, para o autor, somente a realização do experimento não garante que o aluno aprenda o que era planejado. Por isso, recomendam-se também: atividades pré-laboratório, em que ocorra uma discussão da situação e do fenômeno que será tratado e atividades pós-laboratório, onde se faz a discussão dos resultados, observações e interpretações obtidos.

Existe uma diversidade significativa de enfoques e possibilidades de uso dessa estratégia no ensino de Física. Pinho Alves (2000) classifica as propostas de laboratório didático em laboratório: de demonstração, tradicional, divergente, de projetos e biblioteca. Essas concepções de laboratórios citados são:

Aquelas cujas características organizacionais são as mais diferenciadas e caracterizam-se por procedimentos típicos e próprios, embora algumas nem sejam mais praticadas (PINHO ALVES, 2000, p. 173).

Para Pinho Alves (2000), o laboratório de demonstrações é de responsabilidade do professor, que é o papel ativo, enquanto o aluno é o espectador. A finalidade básica é representar tópicos trabalhados. Que pode também complementar os conteúdos teóricos, tornando-o interessante; ajudar

na compreensão, apresentar os fenômenos e auxiliar os alunos no desenvolvimento da observação e reflexão. Ao se referir ao laboratório tradicional, Pinho Alves comenta que, quando o aluno manipula os dispositivos e equipamentos, caracteriza-se como tradicional. Relata também que, nesse caso, mesmo o estudante participando, sua liberdade é muito limitada. Pois, geralmente a atividade é acompanhada de um roteiro, diminuindo o poder de decisão.

Estes laboratórios se diferenciam dos laboratórios centrados nas atividades experimentais com caráter investigativo, em que há uma maior flexibilidade metodológica e os alunos são sujeitos ativos no processo de investigação. Segundo Araújo e Abib (2003):

No caso de atividades, o próprio caráter de investigação das mesmas pode ser considerado como um elemento facilitador para uma abordagem que seja centrada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, intrínsecos de uma metodologia que busca uma transformação mais profunda nos estudantes, seja ela vinculada aos aspectos conceituais, relacionados aos conteúdos de Física, ou mesmo comportamentais, como a capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e de senso crítico (p.187).

Em resumo, a literatura mostra que indiferentemente se a natureza seja demonstração, verificação ou investigação, as atividades experimentais podem criar ambientes adequados para o ensino e aprendizagem de conceitos físicos, além do desenvolvimento de competências do “fazer ciência”. Na sequência didática aqui proposta são apresentados dois experimentos simples e de baixo custo utilizados nas aulas no contexto do espectro eletromagnético e das consequências do aquecimento global.

4.4 Simulações

O mundo está em constante progresso científico e tecnológico e a sociedade cada vez mais dependente da ciência e das suas aplicações. Neste sentido, é necessário que os cidadãos acompanhem tal desenvolvimento científico-tecnológico e atuem ativamente na sociedade em que vivem. De

acordo com o PCN+, cabe à escola o papel fundamental na formação do estudante, o de acompanhar as evoluções tecnológicas e explorar os benefícios que elas trazem. Assim:

A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230).

Um objeto de ensino, que surgiu em virtude do progresso científico, a ser explorado em sala de aula é o computador. O computador dá a possibilidade de se trabalhar diversas estratégias de ensino. De acordo com Valente (1995, apud Macêdo, 2012), ele tem provocado uma revolução na educação devido a sua capacidade de ensinar.

Duas estratégias de ensino que utilizam o computador como ferramenta são a animação e a simulação. Freitas Filho (2008) diz que a animação representa um processo ou fenômeno do mundo real, empregando técnicas matemáticas em computadores e construindo um modelo computacional correspondente ao fenômeno físico estudado. O autor também caracteriza a simulação como algo mais abrangente que a animação, pois permite uma interação maior do aluno ao observar e modificar as grandezas Físicas presentes.

No ensino de Física, existem fenômenos abstratos que necessitam ser imaginados ou visualizados pelo aluno, por meio de algum tipo de representação, como imagens e palavras, o que tornam esses fenômenos difíceis de serem explicados. O uso de animações e/ou simulações pode se tornar um importante aliado do professor, pois pode “tornar conceitos abstratos mais concretos” (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Outra dificuldade que pode ser superada com o uso de simulações é o tempo que um fenômeno leva para ocorrer, conforme explica o trecho a seguir:

As simulações possibilitam aos alunos observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias, meses ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar (TAVARES, 2008 apud MACÊDO, 2012, p. 569).

Conforme Medeiros e Medeiros (2002), a simulação pode ser útil na realização de experimentos considerados perigosos ou na reprodução de experimentos que, por algum motivo, sejam impossíveis de serem realizados pelos alunos. O autor também aponta em seu artigo outros benefícios que podem ser proporcionados pelas simulações computacionais. Essa série de benefícios foi extraída de um levantamento realizado por Gaddis (2000):

- Reduzir o “ruído” cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- Fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- Permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- Permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- Engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- Envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- Tornar conceitos abstratos mais concretos;
- Reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- Servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório;
- Desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- Promover habilidades do raciocínio crítico;
- Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;

- Auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- Acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 80).

Devemos lembrar que as simulações que descrevem um sistema real, geralmente, se constituem de modelos simplificados e aproximados da realidade. Medeiros e Medeiros (2002) sugerem que “uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real”. Para eles, é um caminho perigoso considerar as simulações e animações como se tivessem o mesmo status de um experimento real. Por isso, é fundamental a modelagem estar clara para o aluno e seus limites de validade explícitos. Nas aulas de aplicação do produto educacional aqui proposto foram utilizadas simulações disponíveis online livremente.

5 Produto educacional

5.1 Desenvolvimento

O desenvolvimento do produto educacional “FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO” iniciou-se no ano de 2018, com a definição do tema e estudos da literatura existente. No ano seguinte, foi elaborado uma sequência de seis aulas (Apêndice A), com duração de quarenta e cinco minutos cada. O plano de ensino foi criado para uma turma do segundo ano, do Ensino Médio, que pode ser adaptado para diferentes anos escolares.

Buscou-se utilizar estratégias de ensino variadas na aplicação do produto, com a intenção de despertar o interesse dos estudantes e ajudá-los no aprendizado. Como o tema engloba o aquecimento global, um assunto do cotidiano dos estudantes, a contextualização dos conceitos físicos se fez presente nas aulas. Por isso, em vários momentos das aulas, deu-se abertura para a participação e o diálogo entre os alunos.

Com objetivo de facilitar a compreensão dos fenômenos estudados e auxiliar os professores em suas aulas, pensou-se em atividades experimentais de fácil execução e que utilizasse materiais acessíveis e de baixo ou nenhum custo.

Também foram utilizadas simulações do PhET⁷, que são ferramentas muito flexíveis que podem ser usadas de muitas maneiras, por diversas disciplinas, para auxiliar na visualização do fenômeno em estudo. Como é um recurso disponível na internet, sem nenhum custo, qualquer professor pode ter acesso em suas aulas.

Além disso, outra ferramenta computacional foi utilizada, a plataforma Prezi⁸, com o propósito de contribuir com o processo de ensino do professor. O Prezi é um software de apresentação na modalidade computação em nuvem. A plataforma disponibiliza uma versão gratuita, em que é possível criar suas

⁷ Projeto que disponibiliza simulações gratuitas nas áreas de matemática e ciências. Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/

⁸ Prezi: <https://prezi.com/pt/>

apresentações ou reutilizar apresentações públicas compartilhadas por outros usuários. Com isso, foram desenvolvidas naquela plataforma quatro apresentações sobre o tema⁹, com conteúdo e imagens, em que o professor pode utilizá-las e também editá-las.

5.2 Plano de Ensino e aulas

No quadro abaixo apresentamos uma síntese das seis aulas desenvolvidas para trabalhar o tema aquecimento global e mudanças climáticas. Na sequência detalharemos cada uma delas.

	Atividades (aulas de 45 min)
1	Questionar se o efeito estufa é algo bom ou ruim para o planeta. Atividade de escrita do texto.
2	Diferenciar o efeito estufa do aquecimento global. Explicar a composição da atmosfera terrestre. Discutir sobre o aumento de CO_2 e o que isso interfere na atmosfera. Mostrar dados da relação do aumento do CO_2 e a temperatura. Falar da Temperatura de equilíbrio da Terra.
3	Atividade experimental. Explicar as propriedades da luz. Explicar o Espectro Eletromagnético e a dispersão da luz.
4	Explicar como ocorre a interação das moléculas dos gases com a luz visível, o infravermelho e o ultravioleta. Mostrar a relação entre o CO_2 e a temperatura. Explicar como se determina a temperatura de milhares de anos atrás.

⁹ Apresentações: <https://prezi.com/user/4myu30khizre/>

	Discutir ações que ajudem o planeta.
5	Mostrar concentrações dos gases na atualidade. Relatar as consequências do aquecimento global no Brasil e no mundo. Falar sobre o derretimento do gelo polar. Utilizando um experimento, explicar o aumento dos níveis oceânicos.
6	Aplicar questionário final.

5.3 Descrição das aulas

1) Primeiro dia de aula - Discussão e produção textual.

A aula iniciou com a seguinte pergunta aos alunos: “O efeito estufa é algo bom ou ruim”?

Isso gerou uma discussão coletiva, pois alguns afirmavam que é algo bom, pois é importante para a existência de vida e para manter a Terra aquecida. Mas grande parte dos alunos dizia que era ruim, justificando que ela está causando várias mudanças no clima, derretimento do gelo, temporais, etc.

Em vários momentos eles utilizaram o termo “efeito estufa” para falar sobre algo referente ao “aquecimento global” e vice-versa.

Após a discussão, pediu-se para que os alunos escrevessem um texto, baseando-se nos seguintes tópicos/perguntas:

- O que você pensa sobre o aquecimento global? E sobre o efeito estufa?
- O efeito estufa é algo bom ou ruim?
- Quais as causas e consequências do aquecimento global?
- Qual a Física envolvida nesses fenômenos?
- O que fazer para ajudar o planeta?

Esses tópicos foram anotados no quadro e explicado brevemente. Desejava-se verificar as concepções que cada estudante tinha sobre o assunto, por isso o texto foi escrito individualmente e sem nenhum tipo de consulta.

Explicou-se que o texto iria compor 50% da nota de um trabalho, que seria atribuída de acordo com dedicação de cada aluno, não avaliando se os conceitos estavam certos ou errados, somente se estava de acordo com o tema proposto. A intenção era que eles fossem sinceros sobre o que pensavam. O texto foi entregue ao final da aula.

2) Segundo dia de aula - Diferença entre efeito estufa e aquecimento global.

Na segunda aula, foi comentado que a vida na Terra só é possível por causa do efeito estufa. Citou-se como exemplo a diferença de temperatura entre a Terra e a Lua. Após essa discussão, houve a explicação do que é o efeito estufa e brevemente qual a diferença para o fenômeno do aquecimento global.

Na sequência foi falado sobre os principais gases que compõe a atmosfera: Nitrogênio, Oxigênio, Ozônio, Vapor d'água e Dióxido de Carbono.

Mostrou-se dois gráficos, um que retratava os níveis de CO₂ e o outro a temperatura média da Terra. Foi perguntado aos alunos o que eles observavam nesses gráficos. Alguns alunos responderam que os dois gráficos estavam aumentando da mesma forma.

Na sequência foi explicado que sem atmosfera a temperatura média na Terra seria de -18°C. No entanto, o efeito estufa faz com que a temperatura média seja de 14°C. Entretanto, segundo o IPCC, essa média já subiu 0,6°C no Séc. XX e se continuar da forma que está, até o final do Séc. XXI pode subir até 3,7°C.

3) Terceiro dia de aula - Espectro eletromagnético e experimento com disco de DVD.

Inicialmente foram revisados os conceitos vistos na aula anterior. Em seguida, perguntou-se: Qual a cor do sol? Grande parte das respostas, como era esperado, foi de que era amarelo. Alguns alunos, em tom de brincadeira, falaram rosa, vermelho, azul. Poucos falaram que era branco.

Pediu-se para que, em grupos, os alunos fossem até a parte externa da sala de aula, onde havia raios de sol. Com o auxílio de um DVD foi observado a dispersão das cores, que os alunos chamaram de “arco-íris”.

De volta à sala, colocou-se o DVD na frente de um data show que estava reproduzindo uma imagem toda branca. Também se observou a dispersão. Questionou-se: Como você explica o fenômeno observado? Um aluno disse que “a luz estava se separando em várias cores”.

Em seguida, foi comentado que a luz branca é formada pela mistura de todas as cores. Destacando que isso ocorre quando misturamos feixes de luz, pois quando misturamos pigmentos (tinta, lápis...) a cor será diferente.

Falou-se que a luz é uma onda, mas dependendo o que irá se estudar também pode ser considerada uma partícula. Foi explicado sobre o espectro eletromagnético e a emissão do sol, bem como sobre as propriedades das ondas.

4) Quarto dia de aula - Descobrimo o passado para entender o presente e o futuro.

A quarta aula iniciou-se com uma revisão de alguns conceitos vistos nas aulas anteriores e com a seguinte pergunta: Por que o aumento de gases de efeito estufa na atmosfera da Terra a está “aquecendo”?

Para conseguir responder a essa pergunta foram mostradas duas simulações. Na primeira simulação “Moléculas e Luz”, foi observado a interação das moléculas de alguns gases com a luz: visível, infravermelho e ultravioleta. Na outra simulação foi observada a temperatura no planeta Terra em 1750 e em uma Era Glacial, então foi questionado: Como se determina a temperatura de milhares de anos? Alguns alunos responderam que era possível saber através

das árvores. Foi explicado como se determina a temperatura através dos anéis das árvores e dos cilindros de gelo. Mostrou-se alguns dados de temperatura e dióxido de carbono reconstruídos a partir dos testemunhos de gelo. Em seguida questionou-se:

“Se a Terra já passou por outros períodos de aquecimento, por que esse período que estamos vivendo é diferente?”.

Alguns falaram que era por causa da poluição; do CO_2 ; ou do gás metano liberado pelo gado. Pediu-se para que os alunos que, durante uma semana, fizessem coisas que ajudem o planeta e as anotassem.

5) Quinto dia de aula - Consequências do aquecimento global e atividade experimental “Aumento do nível do mar”.

No início da aula foi montada a atividade experimental demonstrativa “Aumento do nível do mar” e deixou-se a lâmpada ligada durante a aula.



Figura 11: Atividade experimental “Aumento do nível do mar”. Fonte: autora (2019)

Em seguida, foi comentado sobre consequências do aquecimento global no Brasil e no mundo, citando as principais de cada região da Terra.

Discutiu-se sobre o derretimento das geleiras e o porquê desse processo aumentar mais ainda a temperatura do planeta.

Em seguida observou-se o aumento do nível da água no experimento, que ficou ligado por volta de 35 min, e associou-se com o aumento do nível dos oceanos.

6) Sexto dia de aula - Atividade final.

Aplicou-se um questionário de forma individual para que fosse entregue ao final da aula. Ele compôs os outros 50% restantes da nota do trabalho. Novamente, só foi avaliado a participação e dedicação dos alunos nas respostas, não a correção das mesmas.

O objetivo era comparar de forma qualitativa o questionário final com o texto inicial, escrito antes da aplicação da sequência didática, com o intuito de observar se os alunos tiveram ganhos de aprendizagem e/ou mudaram algumas de suas concepções relacionadas com o tema.

5.4 Questionários avaliativos

O produto educacional foi aplicado em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, com a participação de 22 alunos. A escola pública fica no município de Içara, Santa Catarina. As aulas aconteceram em seis dias distintos. Como a escola tem somente duas aulas de Física semanais, foram necessárias três semanas para finalizar a aplicação.

Foram elaboradas duas atividades como instrumentos de coleta de dados: A “Atividade inicial”, apresentada na tabela 2, e a “Atividade Final”, apresentado na tabela 3. Ambas continham perguntas pré-elaboradas e abertas, de modo que fosse possível obter respostas livres. Essas características, de acordo com

Richardson (2011), configuram uma pesquisa qualitativa, visto que os dados coletados são descritivos e a análise considera os diferentes pontos de vista, no intuito de capturar a perspectiva de cada um dos participantes e os significados atribuídos por eles.

No início da primeira aula foi realizada a “Atividade Inicial”, em que os alunos fizeram um texto respondendo às perguntas. O objetivo era de verificar como era a concepção prévia sobre o tema que cada indivíduo possuía.

Tabela 1 – Tópicos da atividade inicial.

Atividade inicial
<ul style="list-style-type: none">• O que você pensa sobre o aquecimento global? E sobre o efeito estufa?• O efeito estufa é algo bom ou ruim?• Quais as causas e consequências do aquecimento global?• Qual a Física envolvida nesses fenômenos?• O que fazer para ajudar o planeta?

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Já a “Atividade Final” foi entregue aos alunos no final da sequência, de modo que pudéssemos analisar a evolução conceitual que os alunos apresentaram após passarem pela sequência didática.

Tabela 2 – Perguntas da atividade final.

Atividade final
<ol style="list-style-type: none">1. O efeito estufa é algo bom ou ruim? E o aquecimento global?2. Quais as causas e consequências do aquecimento global?3. Qual a Física envolvida nesses fenômenos?4. Qual a principal fonte de energia da Terra? Fale o que você aprendeu sobre ela.

- 5.** Qual o tipo de radiação é responsável pelo aquecimento?
- 6.** Fale sobre as simulações e experimentos vistos em sala de aula.
- 7.** Como o CO_2 e outros gases estufa se relacionam com o aquecimento global?
- 8.** Como se descobre a temperatura de milhares de anos atrás?
- 9.** O que tem de diferente na Terra hoje em relação ao seu passado?
- 10.** O que você fez essa semana para ajudar o planeta?

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

6. Discussão comparativa entre os momentos pré e pós aplicação do produto educacional

6.1 Atividade inicial

Na primeira aula os alunos escreveram um texto sobre efeito estufa e aquecimento global. Abaixo será feita a análise de alguns trechos desses textos.

O primeiro tópico solicitava a opinião sobre o aquecimento global e sobre o efeito estufa. Segundo Aluno 1, “quando se pensa ou vê algo relacionado ao aquecimento global, logo se sabe que não é algo saudável tanto pro planeta quanto para as pessoas que habitam nele”. Já para o Aluno 2 “o aquecimento global é o aumento anormal da temperatura”.

Muitos alunos fizeram a ligação entre o aquecimento global e a poluição: “o aquecimento global nada mais é do que o resultado final da poluição no meio ambiente ou entre a temperatura” (Aluno 3).

De acordo com Aluno 2: “O efeito estufa é muito importante para o planeta Terra, para manter a temperatura da Terra estável”. Mas, para o Aluno 4 “o aquecimento global junto com o efeito estufa, são os vilões que a própria humanidade criou”.

Como na fala acima e em vários outros trechos, é possível verificar a troca de significado entre os dois fenômenos. No quadro abaixo destacamos alguns desses relatos.

Aluno 5: “O efeito estufa é o fenômeno em que os raios ultravioletas entram na camada de Ozônio, e não saem, causando o aquecimento do planeta, derretimento das geleiras, aquecimento da água, matando os corais. O efeito estufa é ruim porque com o tempo ele irá aumentar muito a temperatura da Terra e ocorrerá a sua devastação.

Aluno 6: “O efeito estufa é uma característica do aquecimento global, algo ruim e que vai destruindo aos poucos”.

Aluno 4: “O efeito estufa é ruim, pois aumenta a temperatura e causa um inferno quente na Terra”.

Aluno 7: “O aquecimento global é ruim, ele aquece demais o planeta e o efeito estufa eu acho que também é ruim, porque ele entra e não sai”.

Aluno 8: “O aquecimento global vem aumentando muito nos últimos anos por causa do efeito estufa, o efeito estufa é a camada que protege ao redor do planeta Terra”.

As causas para o Aluno 4 são “o aumento do gás carbônico, poluição e produtos que danificam a camada de ozônio”, como consequência “a temperatura aumenta muito, pois a luz do sol penetra mais forte”.

Grande parte dos alunos citaram o derretimento das geleiras e o aumento do nível do mar como consequências do aquecimento global. Alguns até relacionaram com um Tsunami, o que não seria um dos fenômenos mais apropriados para comparar, pois o aumento do nível do mar devido ao seu aquecimento é algo gradual e constante, e o Tsunami é algo que ocorre em curto espaço de tempo, que se formam principalmente através de abalos sísmicos. Vejamos o comentário do Aluno 9:

“Outro grande problema fica por conta das geleiras do nosso planeta, onde a temperatura vem aumentando e causando o derretimento, devido ao derretimento o nível do mar acaba subindo, se houver grandes níveis de derretimento podem acontecer grandes catástrofes naturais devido ao grande aumento do nível do mar, como Tsunamis assim destruindo grandes cidades”.

O Aluno 4 comentou que “a Física talvez influencie pela posição da Terra referente ao sol e também do “aprisionamento” dos raios solares”. Mas, a grande maioria diz não saber como a Física está envolvida nesses fenômenos; e que “precisa-se falar sobre a ciência e a Física por trás desse fenômeno, as causas e principalmente o que a sociedade precisa fazer em relação a isso” (Aluno 1).

Muitas alternativas para ajudar o planeta foram citadas, principalmente relacionadas com a poluição e energia renovável, como observamos nos trechos a seguir:

Aluno 10: “Reduzir a produção nas fábricas para diminuir a poluição no ar e nos oceanos, achar novos meios para combustível, como carros elétricos e diminuir o desmatamento”.

Aluno 11: “Diminuir os gases prejudiciais à camada de ozônio, diminuindo assim, os raios de sol presentes na atmosfera da Terra.”

Aluno 4: “Diminuir a queima de matas, poluição e a utilização de gás carbônico, plantar arvores também é muito favorável, pois troca o gás carbônico.”

No trecho a seguir observa-se um problema da realidade local, a poluição do ar pelas indústrias de cerâmica da região: “Nós podemos ajudar o planeta com a coleta de lixo adequado, usar meios de transporte não poluentes, a instalação de filtros de fumaça em cerâmicas e outras empresas” (Aluno 5).

6.2 Atividade final

O Atividade final foi realizada no final da sequência de aulas, com a intenção de analisar o aprendizado dos alunos e se houve uma mudança nas concepções alternativas dos estudantes. Por isso, foram repetidas algumas perguntas do primeiro questionário e acrescentadas outras.

Na primeira pergunta (O efeito estufa é algo bom ou ruim? E o aquecimento global?), grande parte considerou o efeito estufa como um fenômeno importante para a vida na Terra e o aquecimento global como algo ruim, como vemos nas falas abaixo:

Aluno 12: “O efeito estufa é figurado algo ruim, mas ele que favorece a proliferação da vida no planeta Terra. O aquecimento global é ruim, porque cada vez mais nosso planeta vai aumentado a temperatura”.

Aluno 1: “O efeito estufa faz com que a Terra permanece aquecida mesmo quando não há sol. O aquecimento global é ruim, prejudica a fauna e flora”.

Aluno 13: “O efeito estufa natural é bom e o aquecimento global não”.

Verificou-se que houve uma mudança conceitual de muitos alunos, em que alunos haviam descrito o efeito estufa como algo ruim. Como por exemplo:

Aluno 14: “no primeiro texto, eu havia respondido que sim, era horrível, mas aprendi que a Terra precisa de calor, mas não exagerado”.

Aluno 6: “O efeito estufa natural é bom para a Terra, pois a aquece. Aquecimento global é ruim”.

Aluno 4: “o efeito estufa natural é bom, o criado pelo homem é ruim, o aquecimento global é ruim”.

Observamos na segunda pergunta (Quais as causas e consequências do aquecimento global?), que algumas das causas e consequências citadas foram as mesmas do texto inicial:

Aluno 15: “As causas são a queima de combustível e desmatamento. As consequências pode ser o derretimento das geleiras”.

Aluno 16: “As causas são devidas às ações humanas, como a queima de combustíveis, desmatamento, entre outros. As consequências podem ser o derretimento das geleiras, assim danificando o habitat de vários animais”.

Aluno 4: “O aumento de temperatura e o derretimento das geleiras, subindo o nível do mar”.

Entretanto, foram mencionadas outras diferentes:

Aluno 12: “Umas das consequências do aquecimento global é a desertificação, alteração no regime (das chuvas), intensidade das secas”.

Aluno 17: “A queima de combustíveis que liberam metano, gás carbônico, o uso de CFC's e o consumo de carnes bovinas, esses animais liberam os gases “destrutivos”. As consequências são terríveis como o desequilíbrio do ecossistema, derretimento das geleiras e etc”.

Aluno 1: “As causas: Liberação em excesso de gases como metano e carbono, poluição do meio ambiente. Consequências: O aquecimento dos mares (morte de espécies), derretimento das geleiras e doenças”,

Na terceira questão (Qual a Física envolvida nesses fenômenos?), o Aluno 17 respondeu que “A Física está ligada aos raios ultravioletas, infravermelhos e a dilatação da água. Além disso, tem a união deles (os raios) com os gases”. A grande maioria citou as ondas eletromagnéticas e o infravermelho: “O infravermelho, radiações, ondas, ultravioleta” (Aluno 14); “A absorção do infravermelho e o tamanho das ondas, além do prisma que vimos em sala” (Aluno 11).

Dando sequência, na questão 4 (Qual a principal fonte de energia da Terra? Fale o que você aprendeu sobre ela.) o Sol esteve presente em todas as respostas. Como vemos nas falas:

Aluno 15: “É o Sol, se não fosse o Sol a Terra congelaria, mas também tem o lado ruim como o câncer de pele”.

Aluno 18: “Ele emite raios para manter a Terra aquecida”.

Aluno 14: “Sua cor principal é branca, sua luz se reflete em tudo que se vê, aquece a Terra e que dilata a água”.

Aluno 11: “aprendemos que o sol libera raios ultravioleta, infravermelho entre outros”.

Em relação à radiação relacionada ao aquecimento, da quinta pergunta (Qual é o tipo de radiação é responsável pelo aquecimento), somente uma resposta foi: “aquecimento solar” (Aluno 12); o restante foi infravermelho.

Na questão 6, solicitou-se que os alunos falassem sobre as simulações e experimentos realizados em aula.

Aluno 18: “As Simulações e os experimentos vistos em sala nos ajudou a entender o assunto com mais realidade e facilidade”.

Aluno 5: “Interessante, pois trouxe simulações em vídeo, trazendo mais interesse sobre o assunto”.

- Sobre o experimento de dispersão da luz usando um CD:

Aluno 15: “O sol emite luz branca e o calor aumenta o nível da água”.

Aluno 19: “Vimos que o sol emite luz branca e quando a mesma bate em algo como o CD se divide em várias cores, pois o branco é a junção de todas as cores”.

Aluno 20: “O sol emite luz branca, quando bate em algo a luz branca se divide em várias partes”.

- Sobre o experimento de expansão da água, para explicar o aumento dos oceanos:

Aluno 21: “O raio infravermelho da lâmpada aqueceu a água e fez a água subir”.

Aluno 4: “O raio infravermelho esquentando água e ela dilatando”.

Aluno 17: “Na experiência com a água mostrou a dilatação da mesma referente a energia liberada pela lâmpada”.

- Sobre as simulações:

Aluno 17: “Na simulação no computador mostra o que ocorre com a liberação de raios pelo sol”.

Aluno 11: “A simulação mostrou o aquecimento global em diversas épocas e foi mostrado a aprisionamento do infravermelho na Terra”.

A sétima pergunta (Como o CO₂ e outros gases estufa se relacionam com o aquecimento global?) obteve respostas semelhantes, como por exemplo:

Aluno 15: “O CO₂ aumenta uma camada e os raios infravermelhos entram e não conseguem mais sair, aquecendo a Terra”.

Aluno 10: “Os gases como o CO₂ vão para a atmosfera e aumentam a proteção na Terra, então os raios solares entram e não conseguem sair, aumentando o efeito estufa”.

Aluno 11: “Eles impedem a saída dos raios solares para fora da Terra”.

Na questão seguinte (Como se descobre a temperatura de milhares de anos atrás?), a maioria dos alunos citaram as árvores e/ou os testemunhos de gelo como forma de saber a temperatura de milhares de anos. Como vemos nessas respostas:

Aluno 20: “Eles descobrem através das árvores, eles veem círculos que conforme o tamanho e a quantidade dentro do tronco eles descobrem se aquele ano foi quente ou frio”.

Aluno 16: “Ao cortar uma árvore pode observar que as vinhas que tem na parte interna não são exatamente iguais, algumas são maiores e outras menores, as maiores significam que aquele ano foi bastante chuvoso e a árvore cresceu bastante e as menores significam que foi um ano mais seco, e através do tanto de carbono dos fósseis”.

Aluno 17: “Através dos testemunhos de gelo e dos anéis das árvores que ficam dentro delas”.

Com os anéis das árvores e o testemunho de gelo, observa-se uma temperatura maior da Terra, em relação ao seu passado. Portanto, a pergunta 9 questiona: O que tem de diferente na Terra hoje em relação ao seu passado? Os alunos justificaram pelo fato de que “antigamente não haviam indústrias, não tantas como hoje, aumentou os carros e o consumo de carne” (Aluno 1); e também “os gases emitidos pelo homem”. (Aluno 7). Como consequência “temos mais raios “presos” na Terra, sendo assim, nossa temperatura normal está mais alta que antigamente” (Aluno 13).

No texto inicial os alunos já haviam apresentado várias alternativas para ajudar na questão do aquecimento global. Na última pergunta (O que você fez essa semana para ajudar o planeta?) do questionário final observou-se que houve uma maior conscientização com relação ao que eles poderiam fazer em seu dia a dia. Como vemos nas falas abaixo:

Aluno 17: “Diminui o consumo de carne. Usei água da centrifuga para lavar a calçada. Diminuir o uso de água. Apagar a luzes para diminuir o gasto de energia”.

Aluno 15: “Reduzi o consumo de água, aproveitei a claridade do sol. Andei mais de transporte público. Reduzi a temperatura da água durante o banho. Descartei lixo de forma certa. Rejeitei sacola plástica”.

Aluno 5: “Apenas fui na padaria todos os dias e não usei sacola plástica”.

Aluno 12: “Economizei água. Reutilizei a água da máquina. Plantei mudas. Recolhi os lixos da praça. Separei os lixos reciclável do orgânico. Usei copo em vez de canudos”.

No entanto, alguns alunos não responderam de forma proativa, como por exemplo “Não fiz nada” (Aluno 22), ou “Nada, porque eu trabalho em posto de gasolina” (Aluno 19).

7 Considerações finais

O Produto Educacional denominado “Física do aquecimento global: uma proposta interdisciplinar para o ensino do espectro eletromagnético” foi desenvolvido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), em que sua temática abordava temas a respeito das mudanças climáticas. Sua aplicação foi em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, com duração foi de seis aulas de quarenta e cinco minutos.

Nas aulas, buscou-se usar diversas metodologias de ensino, com a intenção de proporcionar uma melhor compreensão dos fenômenos estudados, como a contextualização, modelização, atividades experimentais, simulações, diálogos, entre outras.

Neste trabalho, procurou-se refletir sobre a aplicação do produto educacional e as estratégias de ensino utilizadas no decorrer das aulas e avaliar o impacto na aprendizagem. No início das aulas os alunos escreveram um texto e no final responderam um questionário, que foram os objetos de análise.

Durante a aplicação do produto educacional nas aulas, buscou-se distinguir os fenômenos naturais daqueles causados pelo homem, além de como nossas ações pode influenciar no clima. Analisando as respostas, foi possível observar que houve uma mudança conceitual de muitos alunos em relação à diferenciação dos dois fenômenos: o efeito estufa e o aquecimento global. Pois, no início alguns alunos descreveram o efeito estufa como algo ruim, mas depois compreenderam que esse fenômeno é importante para nosso planeta; e que as mudanças que estão ocorrendo no clima são consequências da ação humana.

Em relação à Física envolvida, verificou-se que houve uma compreensão, por maior parte dos estudantes, das ondas eletromagnéticas, do espectro eletromagnético e da dilatação; e a relação desses conceitos com os fenômenos.

Um dos objetivos das aulas era “refletir sobre como nossas ações impactam no aquecimento da Terra”. Com a compreensão das causas e consequências do aquecimento global, e de como o CO₂ e outros gases estufa estão, observou-se que houve uma maior conscientização com relação ao que eles poderiam fazer em seu dia a dia para ajudar o planeta.

As atividades experimentais, as simulações computacionais e a abordagem de temas relacionados com o cotidiano contribuíram para a aprendizagem. Em relação às simulações e aos experimentos vistos em sala, os estudantes afirmaram que os ajudaram a entender o assunto com mais realidade e facilidade.

A aplicação do produto educacional indicou que o uso de variadas estratégias de ensino associadas com um tema contextualizado contribuiu para o aprendizado e motivação dos alunos. Por se tratar de um material didático de fácil acesso e de baixo custo, o mesmo é um facilitador para as práticas educacionais no ensino de Física, especialmente do espectro eletromagnético.

Referências Bibliográficas

ANGELO, CLAUDIO. **A Espiral da Morte: Como a humanidade alterou a máquina do clima**. São Paulo, Companhia das Letras, 2016.

ARAÚJO, Manuel S. T.; ABIB, Maria L. V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Rev. Brasileira de Ensino de Física, vol.25, nº2, 2003.

ARRHENIUS, Svante. **On the influence of Carbonic Acid in the air upon the Temperature of Ground**. *Philosophical Magazine and Journal of Science*. Ed. 5. Vol. 41. London, Edinburgh e Dublin, 1986.

BONJORNO, R. JOSÉ e outros. **Física: termologia, ótica e ondulatória**. 3ª ed., São Paulo, FTD, 2016.

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Cad. Brasileiro de Ensino de Física, vol.19, nº3, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília. Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002.

BRASIL, Secretária de Educação Média e Tecnologia. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 2008.

CALLENDAR, G. S. **The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 64, edição 275, pp. 223-240. Abril, 1938.

COOK, John *et al.* 2016. **Environmental**. Research Letters 11, 048002.

DELIZOICO, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 1.ed. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICO, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: Fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

JUNGES, A. L.; MASSONI, N. T. **O Consenso Científico sobre Aquecimento Global Antropogênico: Considerações Históricas e Epistemológicas e Reflexões para o Ensino dessa Temática**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, RBPEC 1, 455–491. 2018.

JUNGES, A. L.; SANTOS, V. Y.; MASSONI, N. T. **Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da Física para educação básica**. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.5, 2018.

FERNANDES, Carolina dos Santos; MARQUES, Carlos Alberto. **A contextualização no ensino de ciências: a voz de elaboradores de textos teóricos e metodológicos do exame nacional do ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, vol. 17, p. 509-527, 2012.

FLEMING, J. (1998). **Historical Perspectives on Climate Change**. New York: Oxford University Press.

FOURIER, J. B. J. **On the temperatures of the terrestrial sphere and interplanetary space**. Tradução. Annales de chimie et de Physique, vol. XXVII, p. 136-167, 1824.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books Ltda., 2008. 372p.

GADDIS, B. **Learning in a Virtual Lab: Distance Education and Computer Simulations**. Doctoral Dissertation. University of Colorado, 2000.

GALIAZZI, Maria do Carmo, et al. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciência e educação, vol.7, nº2, p.249-263, 2001.

GRIFFITHS, J. DAVID. **Eletrodinâmica**. 3ª ed., São Paulo, Pearson, 2010.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC. vol 2, 2009.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**, volume 4: óptica e Física moderna. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, PAUL G. **Física Conceitual**. 12ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2015.

IPCC. (1996). **Summary for Policymakers. In Clima change 1995**: The science of climate change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, & K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 588pp.

IPCC. (2001). **Summary for Policymakers. In Climate Change 2001**: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC. (2013). **Summary for Policymakers. In Climate Change 2013**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. MIDGLEY (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MACÊDO, J. A. et al.. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, set. 2012.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MILLAR, R. **A means to an end: the role of process in science education**. In: WOOL-NOUGH, B. (ed) Practical Science. Milton Keynes: Open University Press, 1991. p. 43-52.

PINHO ALVES, J. F. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático**. Cad. Brasileiro de Ensino de Física, vol.17, p.174-182, 2000.

PLASS, G. N. **Effect of carbon dioxide variations on climate**. American Journal Of Physics, 24(5), 376–387, 1956.

PLASS, G. N. **The carbon dioxide theory of climatic change**. The Johns Hopkins University, Baltimore, 1955.

RICHARDSON, Roberto J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3º edição, Atlas. São Paulo, 2011.

SANTOS, W. L.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. ENSAIO. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 02, n. 02, p. 133-162, dezembro de 2002.

SANTOS, W. L. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação, v. 12, p. 474-492, 2007.

SEARS, F.; YOUNG, H. D.; ZEMANSKY, M.W. **Física IV**. 12. ed., São Paulo: PEARSON, v. 4, 2008.

QUINATO, G. A. C. **Educação Científica, CTSA e Ensino de Física: Contribuições ao aperfeiçoamento de Situações de Aprendizagem sobre Entropia e Degradação de Energia** / Gabriel Augusto Cação Quinato, 2013.

TAVARES, R. **Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências**. Revista online Ciência & Cognição, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

TIPLER, PAUL A. e LLEWELLYN, RALPH A.. **Física Moderna**, 6ª ed., Rio de Janeiro, LTC, 2014.

TYNDALL, J. **On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the Physical connexion of radiation, absorption, and conduction.** Philosophical Magazine and Journal of Science. Vol.22, No. 146, London, Edinburgh e Dublin, 1861.

VALENTE, J. A. **Diferentes usos do computador na educação.** Campinas: Unicamp: 1995

WEART, S. (2008). **The discovery of global warming.** Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

WEART, S. (2003–2017). **The Discovery of Global Warming - A History.** History.aip.org. Recuperado de <https://history.aip.org/climate/index.htm>.

WMO, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. (1979). **Proceedings of the World Climate Conference:** a conference of experts on climate and mankind. Geneva. Recuperado de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_537_en.pdf .

Apêndice A
MANUAL DE APOIO AO PROFESSOR



**FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA
INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DO ESPECTRO
ELETROMAGNÉTICO**

Tânia Aline Varela da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, 2020

FÍSICA DO AQUECIMENTO GLOBAL: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA
O ENSINO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tânia Aline Varela da Silva

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Freitas de Andrade

Produto Educacional desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Banca Examinadora:

Dr. Marcelo Freitas de Andrade

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Dra. Daniela De Conti

Faculdade do Vale do Araranguá

Dr. Leandro Batirolla Krott

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Maurício Girardi

Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá

Fevereiro, 2021

Apresentação

Este material de apoio ao professor foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Destina-se a professores de Física do Ensino Médio, podendo ser adaptado para o Ensino Fundamental.

Procurou-se trazer o conhecimento físico para a realidade do aluno de uma forma diferenciada e interativa. Desenvolveu-se uma sequência didática que possui: contextualização, atividades experimentais, simulações, recursos visuais, diálogos, entre outras metodologias. Com uma abordagem que fosse de fácil acesso aos professores, com apresentações e simulações disponíveis na internet e com propostas de experimentos de baixo custo e fácil execução.

O produto educacional foi construído visando a participação de estudantes do segundo ano do Ensino Médio, com faixa etária entre 15 e 18 anos, mas que possa ser adaptado para várias idades. Tem como objetivo ser uma ferramenta didática no processo de ensino e aprendizagem do tema “mudanças climáticas” e “aquecimento global”.

SUMÁRIO

1. Plano de Ensino	1
2. Plano de aula 1 - Discussão e produção textual	3
3. Plano de aula 2 - Diferença entre efeito estufa e aquecimento global	5
4. Plano de aula 3 - Espectro eletromagnético e experimento com disco de DVD	15
4.1 Atividade experimental 1: Como fazer um “arco-íris” com DVD?.....	20
5. Plano de aula 4 - Descobrindo o passado para entender o presente e o futuro	21
6. Plano de aula 5 - Consequências do aquecimento global e atividade experimental.....	31
6.2 Atividade experimental 2: Aumento do nível do mar.....	38
7. Plano de aula 6 - Atividade final	41
8 - Considerações Finais.....	43
9 - Referências	44

1. Plano de Ensino

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

- Compreender efeito estufa.
- Compreender as causas e consequências do aquecimento global.
- Diferenciar efeito estufa do aquecimento global.
- Contextualizar o conteúdo visto em sala de aula.
- Refletir sobre como nossas ações impactam no aquecimento da Terra.

Conteúdos prévios:

1- Calor

1.1- Temperatura

1.2- Transferência de calor:

1.2.1- Condução.

1.2.2- Convecção.

1.2.3- Radiação.

1.3- Mudanças de fase.

1.4- Dilatação

2- Ondas

3.1- Frequência e comprimento de onda

3- Óptica

3.1 - Refração, reflexão e absorção.

Metodologia

Os conteúdos serão desenvolvidos através de aulas expositivas; demonstração experimental; discussão em grupos; simulação computacional; e produção textual.

Serão usadas as seguintes apresentações como apoio:

<https://prezi.com/user/4myu30khizre/>

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

1. Participação nas aulas e atividades propostas.
2. Produção textual.
3. Questionário.

Cronograma (aulas de 45 min)

	Atividades
1	Questionar: O efeito estufa é algo bom ou ruim para o planeta? Efeito estufa e aquecimento global é a mesma coisa? Atividade de escrita do texto.
2	Diferenciar o efeito estufa do aquecimento global. Explicar a composição da atmosfera terrestre. Discutir sobre o aumento de CO_2 e o que isso interfere na atmosfera. Mostrar dados da relação do aumento do CO_2 e a temperatura. Falar da Temperatura de equilíbrio da Terra.
3	Atividade experimental. Explicar as propriedades da luz. Explicar o Espectro Eletromagnético e a dispersão da luz.
4	Explicar como ocorre a interação das moléculas dos gases com a luz visível, o infravermelho e o ultravioleta. Mostrar a relação entre o CO_2 e a temperatura. Explicar como se determina a temperatura de milhares de anos atrás. Discutir ações que ajudem o planeta.
5	Mostrar concentrações dos gases na atualidade. Relatar as consequências do aquecimento global no Brasil e no mundo. Falar sobre o derretimento das geleiras. Utilizando um experimento, explicar o aumento dos níveis oceânicos.
6	Aplicar questionário final.

2. Plano de aula 1 - Discussão e produção textual

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

- Observar as concepções prévias dos alunos relacionadas com o aquecimento global e o efeito estufa.

Conteúdos prévios:

- 1- Efeito estufa;
- 2- Aquecimento Global.

Metodologia

Discussão em grupo e produção textual.

Recursos

Quadro branco.

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

- 1- Participação na aula.
- 2- Dedicção na escrita do texto, que terá peso 5 na nota do trabalho 1.

Sequência

1. Iniciar uma discussão, questionando: O efeito estufa é algo bom ou ruim?
2. Em seguida, pedir para que os alunos escrevam um texto, baseando-se nos seguintes tópicos/perguntas:
 - O que você pensa sobre o aquecimento global? E sobre o efeito estufa?
 - O efeito estufa é algo bom ou ruim?

- Quais as causas e consequências do aquecimento global?
- Qual a Física envolvida nesses fenômenos?
- O que fazer para ajudar o planeta?

3. Explicar que o texto: deve ser escrito individualmente, sem nenhum tipo de consulta e que ele irá compor 50% da nota do trabalho 1; e deve ser entregue ao final da aula.

Cronograma	Tempo (min)
Discussão	10
Explicação	5
Escrita	30

3. Plano de aula 2 - Diferença entre efeito estufa e aquecimento global

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

- Compreender efeito estufa.
- Diferenciar efeito estufa do aquecimento global.
- Compreender as causas do aquecimento global.
- Contextualizar o conteúdo visto em sala de aula.

Conteúdos prévios:

1- Calor

1.1- Definição

1.2- Transferência de calor:

1.2.1- Condução.

1.2.2- Convecção.

1.2.3- Radiação.

1.3- Mudanças de fase.

Metodologia

Os conteúdos serão desenvolvidos de maneira expositiva, com o auxílio de slides; e com discussões em grupos.

Recursos

Apresentação em projetor multimídia:

<https://prezi.com/p/v4ojlv2hu7yd/aquecimento-global-mnpef/>

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

1. Participação na aula.

Sequência

1. Iniciar a aula com a pergunta: **O efeito estufa é algo bom ou ruim para o planeta?**
2. Explicar que a vida na Terra só é possível por causa desse efeito (HEWITT, 2015, pg. 312). Citar o exemplo: a Terra e a Lua estão, aproximadamente, à mesma distância do Sol, porém a temperatura da Terra varia entre -10°C e 50°C , já a Lua entre -150°C e 100°C . Isso se deve ao fato de a Terra possuir uma camada de gases capazes de absorver parte da radiação.



Figura 1: Distância do Sol à Terra. Fonte: <http://wiki.stoa.usp.br/Teced/textos/grupo4>. Acesso: 03/08/2020.

3. Com o auxílio da animação da apresentação (ver Recursos acima), explicar:
 - O Sol emite radiação à Terra; maior parte dos raios solares entra na atmosfera terrestre e o restante é refletido para o espaço.
 - Da radiação que entra, parte é absorvida pela superfície terrestre e pelos oceanos, outra parte é refletida.
 - A Terra, é aquecida por esses raios, reemitindo radiação infravermelha.
 - Uma parcela da radiação irradiada pela superfície terrestre fica retida na atmosfera, pois os gases estufa absorvem e reemitem novamente radiação infravermelha em várias direções, sendo que parte da radiação é perdida para o espaço e parte volta pra

superfície. Dessa forma, mantém-se o equilíbrio energético e evitam-se grandes amplitudes térmicas.

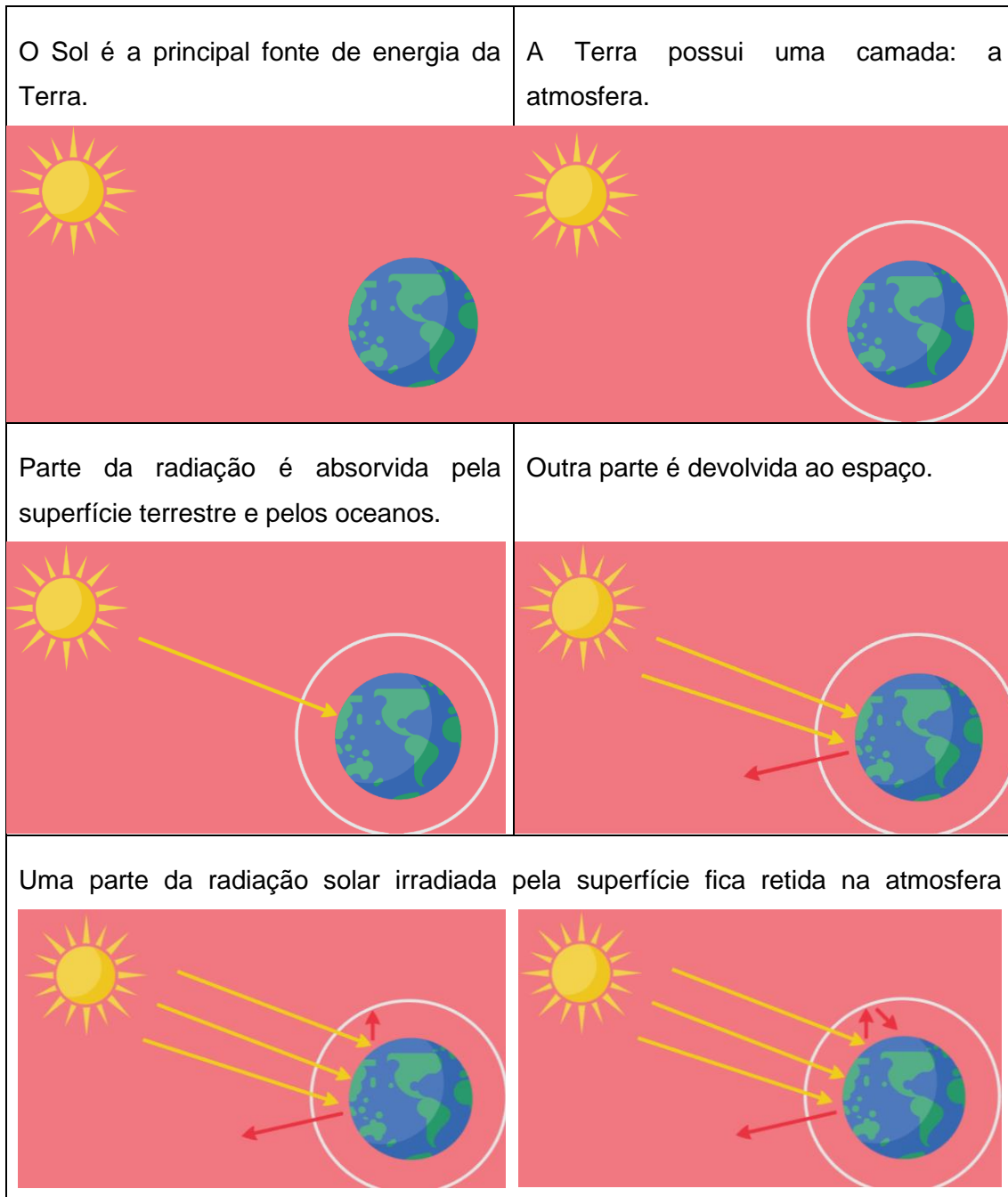


Figura 2 - Efeito Estufa. Fonte: autora (2020)

4. Já o aquecimento global é o aumento artificial e desproporcionalmente rápido na concentração de certos gases na atmosfera, que causam o efeito estufa, aumentando a temperatura e causando mudanças climáticas que afetam a vida na Terra (NASA, 2020).

5. Para entender como esses gases-estufa alteram o nosso clima, vamos estudar a composição de gases na atmosfera terrestre. Na Tabela 1 apresentamos os percentuais de cada gás na atmosfera.

Gás	Porcentagem
Nitrogênio	78,08
Oxigênio	20,95
Argônio	0,93
Dióxido de carbono	0,035
Neônio	0,0018
Hélio	0,00052
Metano	0,00014
Criptônio	0,00010
Oxido nitroso	0,00005
Hidrogênio	0,00005
Ozônio	0,000007
Xenônio	0,000009

Tabela 1: Composição da atmosfera. Fonte: <https://www.todamateria.com.br/o-que-e-atmosfera/>. Acesso: 03/08/2020.

Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • Constituinte mais abundante, mas não desempenha nenhum papel relevante, em termos químicos e energéticos, nas vizinhanças da superfície terrestre. Na alta atmosfera, no entanto, esse gás absorve um pouco de energia solar de pequeno comprimento de onda (no domínio do ultravioleta), passando à forma atômica.
Oxigênio e Ozônio	<ul style="list-style-type: none"> • O Oxigênio desempenha um papel essencial, do ponto de vista biológico, torna possível a vida aeróbica da Terra. A ele se deve a oxigenação de compostos orgânicos, através do

	<p>processo fisiológico da respiração. Além disso, possibilita a formação de Ozônio na atmosfera.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Na alta atmosfera, o Oxigênio Molecular (O_2) se dissocia quando absorve energia ultravioleta proveniente do Sol. A reassociação fotoquímica em três átomos de Oxigênio é a maior responsável pela formação do Ozônio (O_3) na atmosfera. O Ozônio (O_3) é encontrado desde níveis próximos da superfície terrestre até cerca de 100 km de altitude. Por ser a mais rica em Ozônio, a camada compreendida entre 10 e 70 km é conhecida como ozonoesfera. • O Ozônio é um gás instável. Ao absorver radiação solar ultravioleta, dissocia-se, produzindo uma molécula e um átomo de Oxigênio. Sabe-se que o excesso de radiação solar ultravioleta que passaria a atingir a superfície terrestre caso a concentração de ozônio diminuísse causaria grandes queimaduras na epiderme dos seres vivos, aumentando a incidência de câncer de pele. Por outro lado, se a concentração de ozônio aumentasse, ao ponto de absorver toda a radiação ultravioleta solar, não haveria formação de vitamina D no organismo animal; por consequência, a formação óssea ficaria prejudicada.
<p>Vapor d'água</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A concentração de vapor d'água na atmosfera, embora relativamente pequena, ultrapassa 4% em volume, é bastante variável e, em geral, diminui com a altitude. • Em regiões tropicais e úmidas, por exemplo, o vapor d'água pode ser encontrado próximo à superfície, em uma proporção tão alta quanto 40 gramas por quilograma de ar seco. Nas zonas polares frias e secas, essa cifra pode cair para 0,5 grama por quilograma de ar.

	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar de sua baixa concentração, o vapor d'água é um constituinte atmosférico importantíssimo por interferir na distribuição da temperatura: em primeiro lugar, porque participa ativamente dos processos de absorção e emissão de calor sensível para a atmosfera; em segundo, atua como veículo de energia ao transferir calor latente de evaporação de uma região para outra, o qual é liberado como calor sensível, quando o vapor se condensa.
<p>Dióxido de carbono (CO₂)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Do total de Dióxido de Carbono existente na Terra, cerca de 98% se encontra dissolvido na água dos oceanos. Quase todo o restante está na atmosfera, onde sua concentração oscila muito pouco, em torno de 0,5 g por quilograma de ar. Porém, essa concentração pode aumentar consideravelmente nas vizinhanças dos grandes parques industriais e dos aglomerados urbanos. • Há um intercâmbio contínuo entre o Gás Carbônico, a atmosfera e os seres vivos (respiração e fotossíntese), os materiais da crosta (combustão e oxidação) e os oceanos. Cerca de 90% dos constituintes vegetais não provêm do solo, mas da atmosfera, através da atividade fotossintética. O Carbono, integrante das moléculas sintetizadas pelos vegetais, provém do Gás Carbônico atmosférico. O CO₂ também desempenha um papel de destaque na energética do sistema globo-atmosfera, absorvendo energia solar e terrestre de determinados comprimentos de onda. Por outro lado, emite energia em direção à superfície terrestre.

6. Explicar: os gases que compõem a atmosfera estão sofrendo alterações, por causa de fontes antropogênicas de gases que aumentam o efeito estufa, liberados por ações do homem (IPCC, 2014):

<p>Dióxido de carbono (CO_2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Grande parte da contribuição antropogênica desse gás é a queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural. Nos países desenvolvidos, são liberados em média 1000 Kg de CO_2 por pessoa. De maneira direta, com veículos e aquecimento de casas que usam combustíveis fósseis. O restante é liberado indiretamente pelo transporte, indústrias, enfim, qualquer atividade econômica construtiva.
<p>Metano (CH_4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Proveniente do gado, produção de alimentos, cultura de arroz, decomposição do lixo, entre outros. A concentração de metano é a mais alta em 420 mil anos, dobrou em relação ao período pré-industrial. Seu poder indutor de efeito estufa é 20 vezes maior que o CO_2 e absorve luz infravermelha.
<p>Óxido nitroso (N_2O)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Produzido pelo uso de fertilizantes à base de nitrato e amônio, queima de biomassa e combustíveis que contém nitrogênio, gado e aterros sanitários. Ele é 206 vezes mais efetivo que o CO_2 para o aumento do efeito estufa. Absorve luz infravermelha.
<p>Clorofluorcarbonos (CFCs):</p>	<ul style="list-style-type: none"> São gases produzidos pelo homem, usados na refrigeração e em aerossóis. Eles são capazes de destruir o ozônio estratosférico e na troposfera é um gás estufa. Seu uso iniciou em 1931, porém o Protocolo de Montreal de 1987 restringiu a comercialização e a utilização dos clorofluorcarbonetos (CFCs). Este acordo internacional é considerado bem-sucedido à medida que suas determinações

	<p>foram realmente validadas na prática, reduzindo o uso desse tipo de gás.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Foram usados alguns substitutos, o HCFC (hidroclorofluorcarbonetos) e o HFC (hidrofluorcarbonetos). Eles destroem a camada de ozônio em menor grau que os CFCs, mas são 3100 vezes mais efetivos que o CO₂ para o aumento do efeito estufa. O isobutano (R600a) é um fluido refrigerante, usado recentemente, que não destrói o Ozônio e nem é um gás estufa.
--	--

7. As maiores contribuições antropogênicas de gases estufa são através da queima de carvão e petróleo e se intensificaram após a Era industrial (Séc. XVIII). Analisar os dados da Tabela 2, que mostram o aumento dos gases citados acima:

Mudanças antropogênicas na concentração de gases traço atmosféricos		
Gás	Concentração 1850	Concentração 2008
Dióxido de carbono	280 ppm	385 ppm
Metano	800 ppbv	1775 ppbv
Óxido Nitroso	280 ppbv	320 ppbv
CFC-11	0	0,27 ppbv
HCFC-22	0	0,11 ppbv
Ozônio troposfera	?	10 – 50 ppbv

Tabela 2: Mudanças antropogênicas na composição de gases estufa. Fonte: Junges, Santos, e Massoni (2018).

8. Analisar os gráficos e relacionar os períodos:

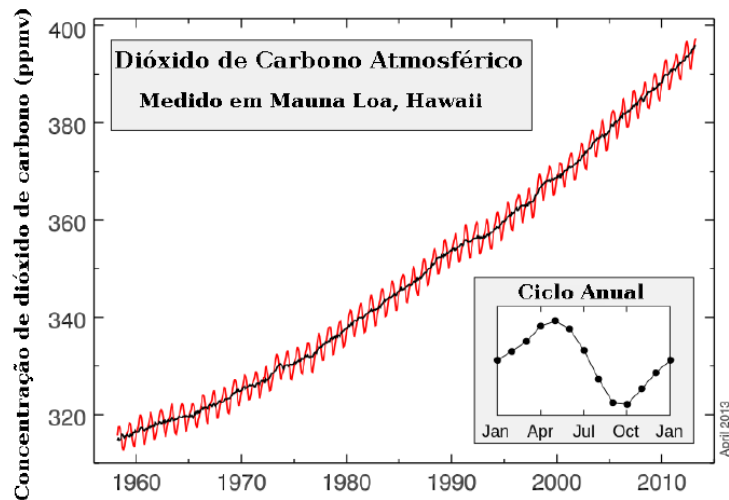


Gráfico 1: Concentração de dióxido de carbono na atmosfera feitas no observatório Mauna Loa, Hawaii. Fonte: Junges, Santos, e Massoni (2018).

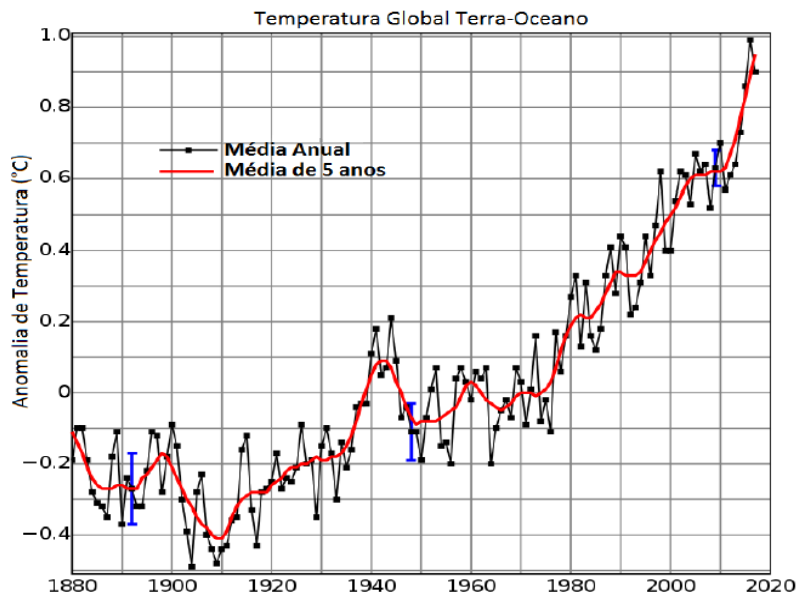


Gráfico 2: Variação da temperatura média global de 1880 à 2013. Fonte: Junges, Santos, e Massoni (2018).

9. Explicar que o Sol é a principal fonte de energia, a Terra recebe 0,002% da energia emitida por ele. Graças ao efeito estufa, a temperatura média da superfície do planeta mantém-se em cerca de 15°C. Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria de 18°C abaixo de zero, ou seja, ele é responsável por um aumento de 33°C.

10. No entanto, de acordo com dados do IPCC, a temperatura já subiu 0,6°C no séc. XX, podendo elevar-se mais 1°C até 2030. Até 2100, a projeção indica um aumento de até 3,7°C, caso medidas não sejam tomadas (IPCC, 2018).

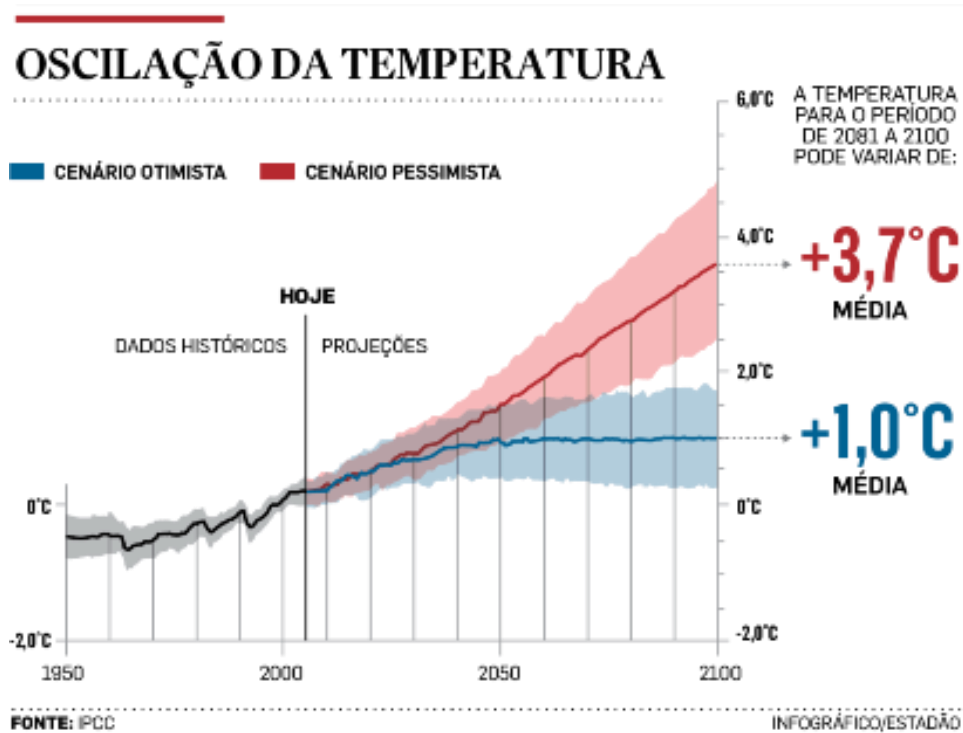


Gráfico 3: Aumento da temperatura nos próximos anos segundo O IPCC. Fonte: <https://aprenda.bio.br/ecologia/aquecimento-global-causas-consequencias-resumo/>. Acesso: 03/08/2020

Cronograma	Tempo (min)
Diferenciar o efeito estufa do aquecimento global.	5
Explicar a composição da atmosfera terrestre.	10
Falar das fontes de gases estufa.	15
Mostrar dados da relação do aumento do CO_2 e a temperatura.	10
Falar da temperatura de equilíbrio da Terra.	5

4. Plano de aula 3 - Espectro eletromagnético e experimento com disco de DVD

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

Observar o fenômeno de dispersão da luz.

Compreender as propriedades das ondas eletromagnéticas.

Compreender as diferenças entre cada intervalo do espectro eletromagnético.

Relacionar a atividade experimental com o espectro solar.

Conteúdos prévios:

1- Ondas

1.1- Frequência e comprimento de onda

2- Óptica

2.1 – Refração e reflexão.

Metodologia

Os conteúdos serão desenvolvidos com o auxílio de uma atividade experimental; de maneira expositiva; e com discussões em grupos.

Recursos

Materiais para a atividade experimental (no final do plano de aula 3)

Apresentação em projetor multimídia:

https://prezi.com/p/i_mecpmjyvko/espectro-eletromagnetico-mnpef/

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

1. Participação na atividade experimental e nas discussões.

Sequência

1. Comentar que na aula anterior vimos que o Sol é a principal fonte de energia da Terra; que efeito estufa a mantém aquecida; e que o aumento de alguns gases tem ocasionado um aumento em sua temperatura média. Para compreender a relação desses gases com esse aquecimento, precisamos entender alguns conceitos relacionados a radiação solar.
2. Perguntar: Qual a cor do sol?
3. Realizar a atividade experimental 1 (final do plano de aula).
4. Pedir para que os grupos de alunos elaborem hipóteses explicando o ocorrido. Em seguida será aberto uma discussão com toda a turma.
5. Explicar que o Sol emite luz e a luz é uma onda eletromagnética. Em determinados casos, consideramos a luz como uma onda eletromagnética, em outros como uma partícula.

Ondas eletromagnéticas são oscilações que se propagam tanto no vácuo quanto em meios materiais. Elas viajam na velocidade da luz, transportando energia.(HALLIDAY, 2009)

6. Lembrar os conceitos de frequência e comprimento de onda:
- Comprimento de onda é a distância entre valores repetidos sucessivos num padrão de onda.

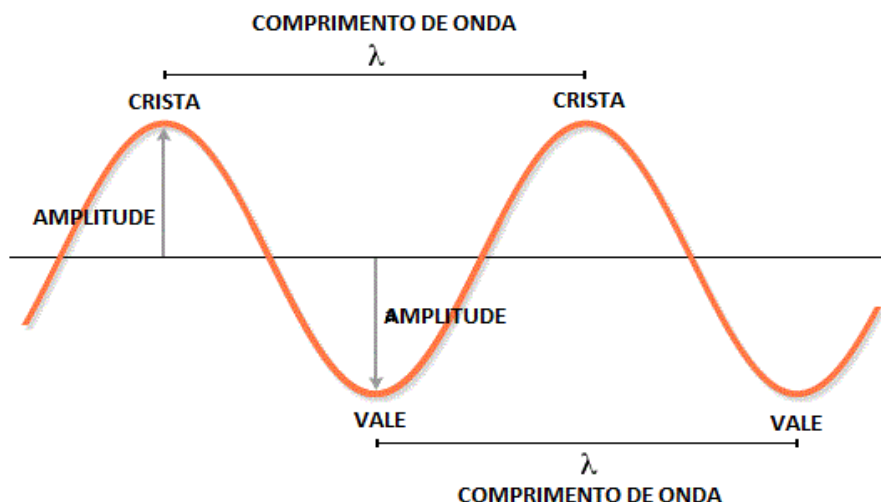


Figura 3: Propriedades da onda. Fonte: <https://athoselectronics.com/frequencia-como-funciona/>. Acesso: 03/08/2020.

- A frequência indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações etc.) em um determinado intervalo de tempo.

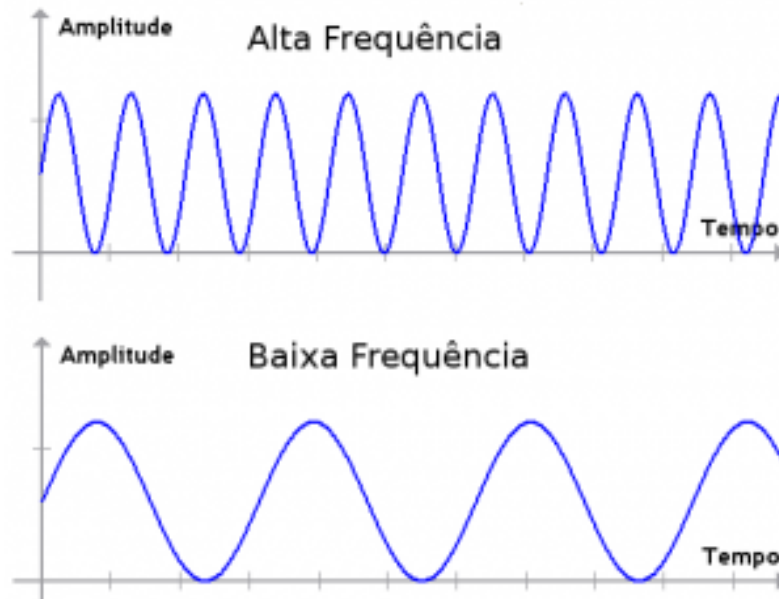


Figura 4: Frequência da onda. Fonte: <https://magroove.com/blog/pt-br/frequencia/>. Acesso: 03/08/2020.

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas e organizadas de acordo com seus diversos comprimentos de onda/frequências. Esta classificação é conhecida como o espectro eletromagnético.

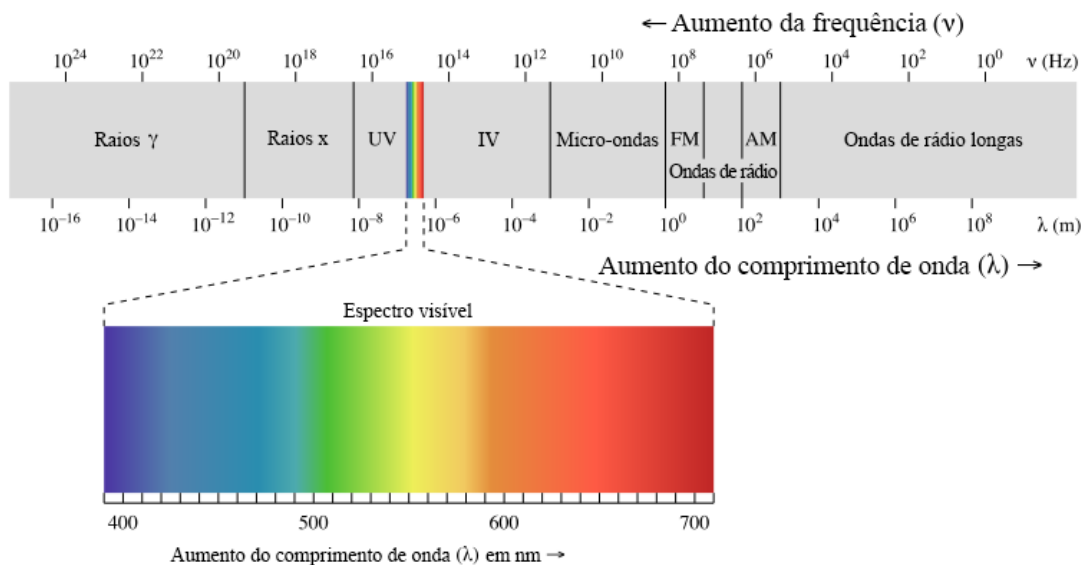


Figura 5: Espectro Eletromagnético. Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>. Acesso: 03/08/2020

7. Comentar: o que estamos observando é somente a parte visível do espectro e que existem outros comprimentos de onda que não conseguimos ver. Tais ondas estão presentes em nosso dia a dia, como as ondas de rádio, raios x e as microondas. O Sol emite, principalmente, nos seguintes comprimentos de onda:

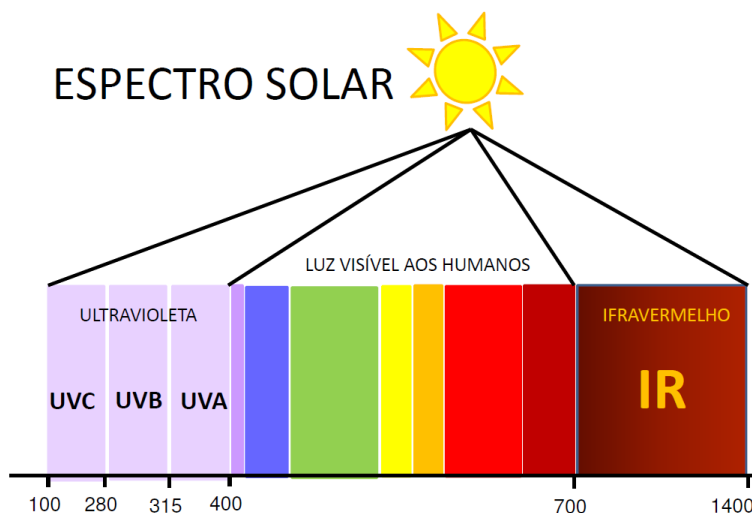


Figura 6: Espectro Solar. Fonte: <https://www.rinnovabile.com.br/energiafotovoltaica>. Acesso: 03/08/2020

8. Explicar a atividade experimental 1:

A luz solar é uma luz policromática, ou seja, formada por diversas cores. A união dessas cores faz com que ela seja branca. Na atividade experimental, a luz passa de um meio (ar) para outro (DVD), mudando de um índice de refração menor para um maior. O índice de refração também depende do comprimento de onda da luz.

Ao incidir na superfície de separação de dois meios cada luz monocromática (violeta, anil, azul, verde, amarela, alaranjada e vermelha) que compõe a luz solar tomará direções diferentes dentro do outro meio. O azul, comparado ao vermelho, tem comprimento de onda menor e sofre um desvio maior que o vermelho.

Como resultado, temos uma decomposição da luz em diversas componentes monocromáticas que a constitui. Temos assim, a dispersão da luz.

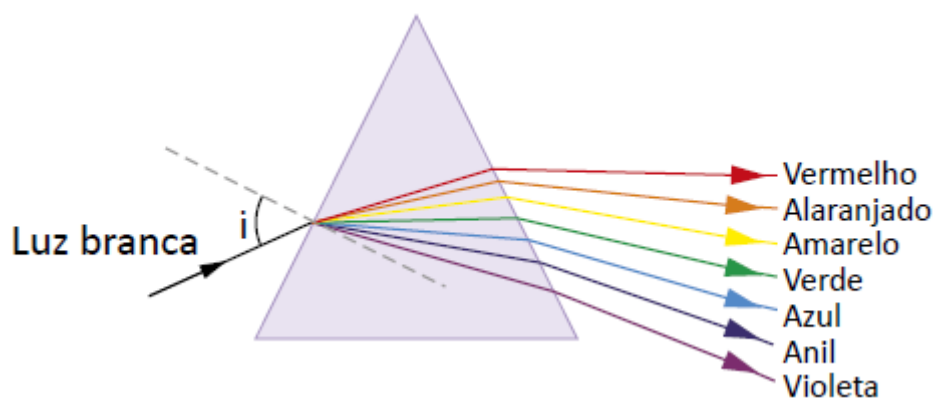


Figura 7: dispersão da luz. Fonte: <https://www.coladaweb.com/fisica/optica/cor-da-luz>. Acesso: 19/10/2020

9. Explicar o arco-íris:

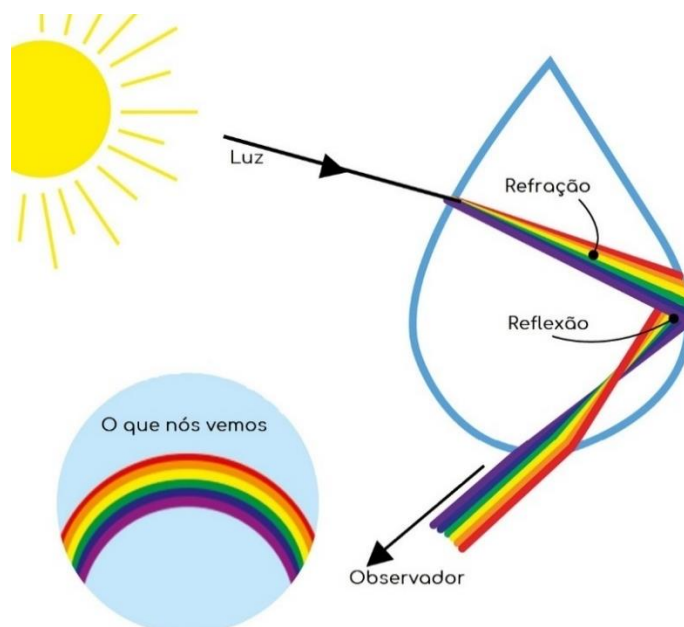


Figura 8: Formação do arco-íris Fonte: <https://www.iguiecologia.com/como-os-arco-iris-sao-formados/>. Acesso: 19/10/2020

Cronograma	Tempo (min)
Introdução	5
Atividade experimental	15
Discussão	5
Espectro Eletromagnético e Espectro Solar	15
Dispersão	5

4.1 Atividade experimental 1: Como fazer um “arco-íris” com DVD?

Materiais

- DVD ou CD (podem ser usados).
- Sol, Vela ou luz branca do projetor multimídia.

Procedimento

1. Separar o DVD ou CD ao meio com a ajuda de uma tesoura, cortando uma parte da borda.
2. Usar a parte inferior, onde não tem nada de escrita. Se ficar um pouco de tinta refletiva, pode ser retirado com fita adesiva.
3. Tampar o buraco central do DVD com algo opaco, como uma fita adesiva preta.
4. Colocar o DVD na frente da fonte de luz (sol ou vela).
5. Observar as cores que formam a luz emitida pela vela.
6. Questionar: Quantas cores vocês conseguem observar? Quais?

Qual é a ordem delas?

7. Colocar o DVD na frente do feixe de luz de um projetor multimídia, que estava reproduzindo uma imagem toda branca. Questionar: Como você explica o fenômeno observado?

5. Plano de aula 4 - Descobrimdo o passado para entender o presente e o futuro

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

Compreender como ocorre a interação das moléculas dos gases com a luz.

Observar a relação entre o CO_2 e a temperatura.

Entender como se verifica a temperatura do passado.

Identificar atitudes que minimizem o aquecimento global.

Conteúdos prévios:

1- Composição atmosférica.

2- Efeito estufa.

3- Temperatura.

4- Espectro Eletromagnético

Metodologia

Os conteúdos serão desenvolvidos com o auxílio de simulações, de maneira expositiva e com discussões em grupos.

Recursos

Apresentação em projetor multimídia:

<https://prezi.com/p/huyqsgzgxcav/gases-do-efeito-estufa-e-o-aumento-da-temperatura-mnpef-ufsc/>

Simulação “Moléculas e Luz”:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light

Simulação “O Efeito Estufa”:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

- 1- Participação na aula.

Sequência

1. Utilizando a simulação “Moléculas e Luz”: explicar como ocorre a interação das moléculas dos gases com a luz: visível, infravermelho e ultravioleta.

Nessa simulação é possível alterar o tipo de molécula e de radiação. Mostrando qual interage e qual não com as diferentes faixas de energia.

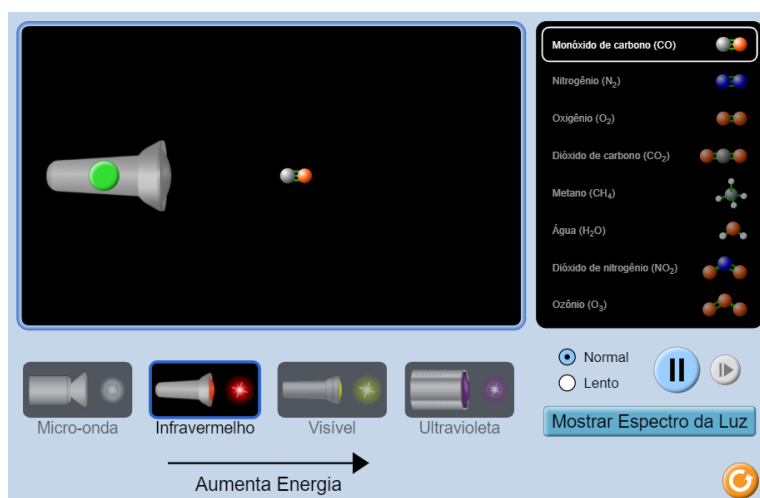


Figura 9: Simulação “Moléculas e Luz”,. Fonte: autora.

Exemplo1: Nitrogênio

Não sofre nenhuma alteração com a passagem da luz visível e do infravermelho.

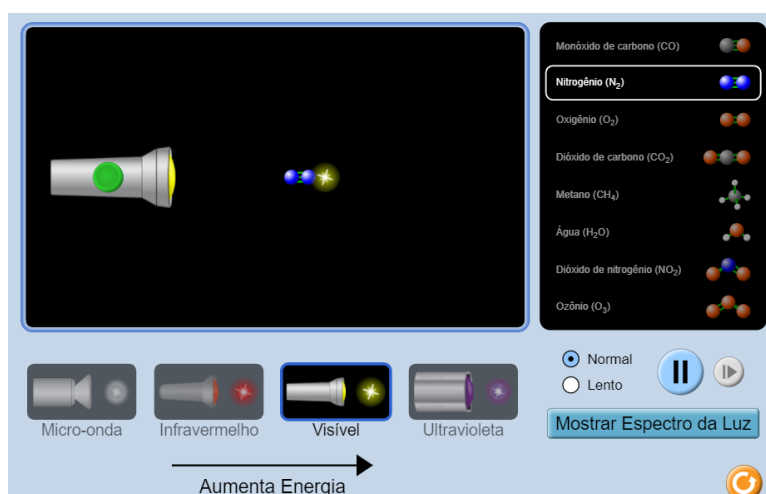


Figura 10: Interação da luz visível com a molécula de nitrogênio. Fonte: autora.

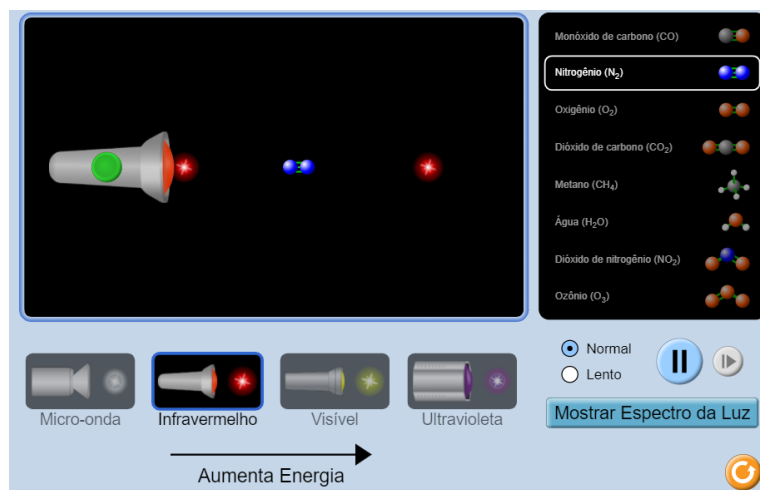


Figura 11: Interação do infravermelho com a molécula de nitrogênio. Fonte: autora.

Exemplo 2: Dióxido de carbono

Não sofre nenhuma alteração com a passagem da luz visível. Mas, interage com o infravermelho.

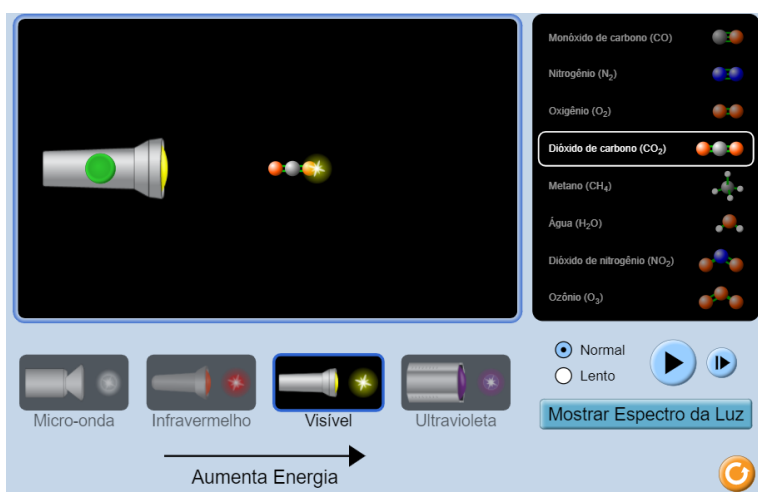


Figura 12: Interação da luz visível com a molécula de dióxido de carbono. Fonte: autora.

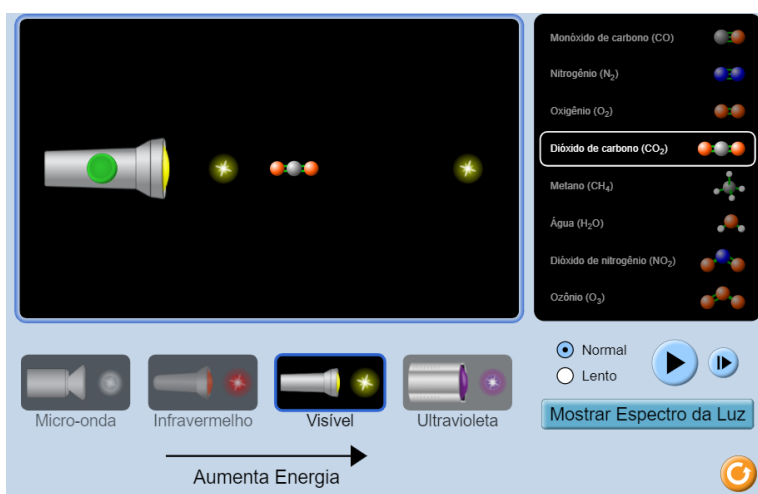


Figura 13: Interação da luz visível com a molécula de dióxido de carbono. Fonte: autora.

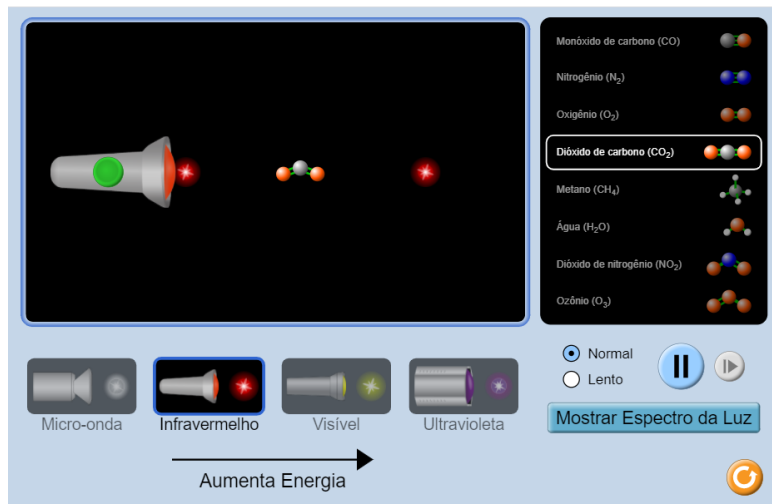


Figura 14: Interação do infravermelho com a molécula de dióxido de carbono. Fonte: autora.

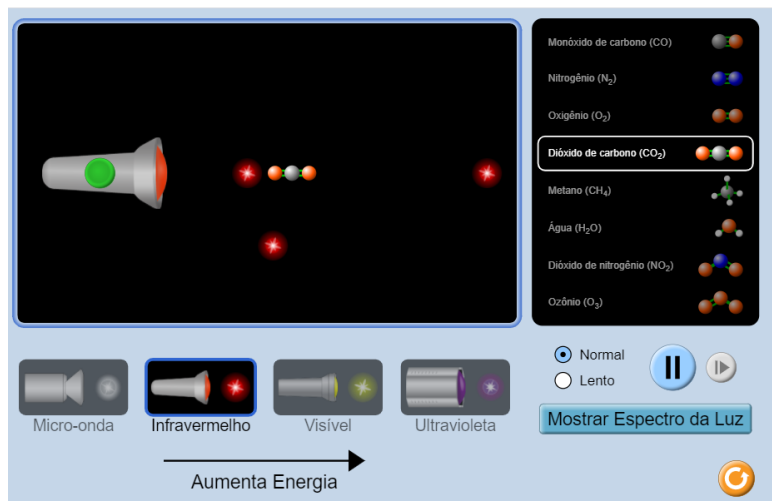


Figura 15: Interação do infravermelho com a molécula de dióxido de carbono. Fonte: autora.

Exemplo 3: Metano

Não sofre nenhuma alteração com a passagem da luz visível. Mas, interage com o infravermelho.

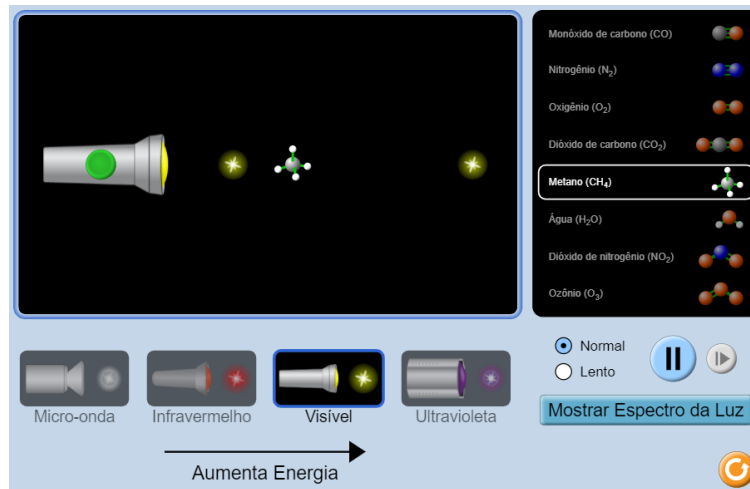


Figura 16: Interação da luz visível com a molécula de metano. Fonte: autora.

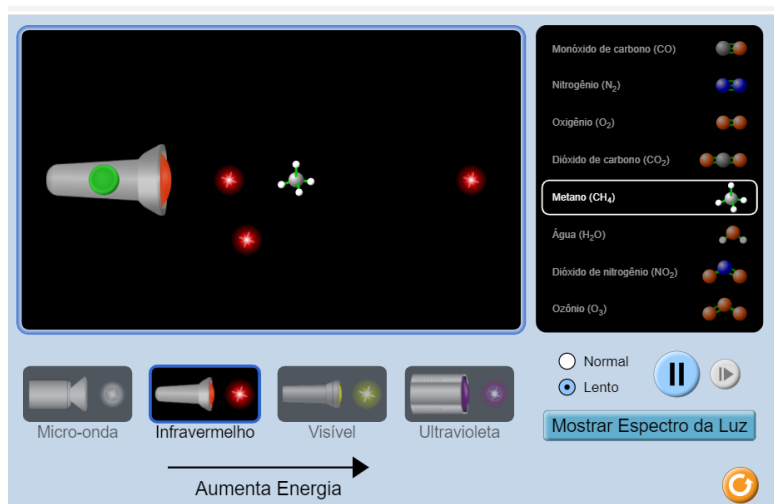


Figura 17: Interação do infravermelho com a molécula de metano. Fonte: autora.

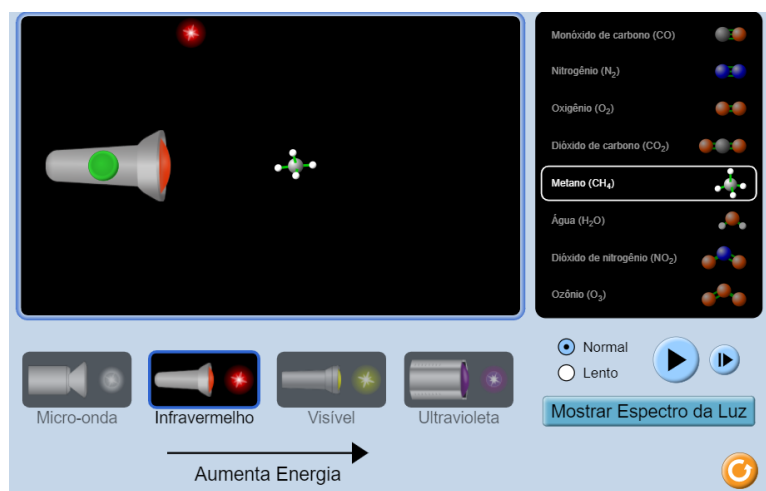


Figura 18: Interação do infravermelho com a molécula de metano. Fonte: autora.

2. Utilizando a simulação “O Efeito Estufa”: mostrar a relação entre o CO_2 e a temperatura na Era Glacial, em 1750 e atualmente.

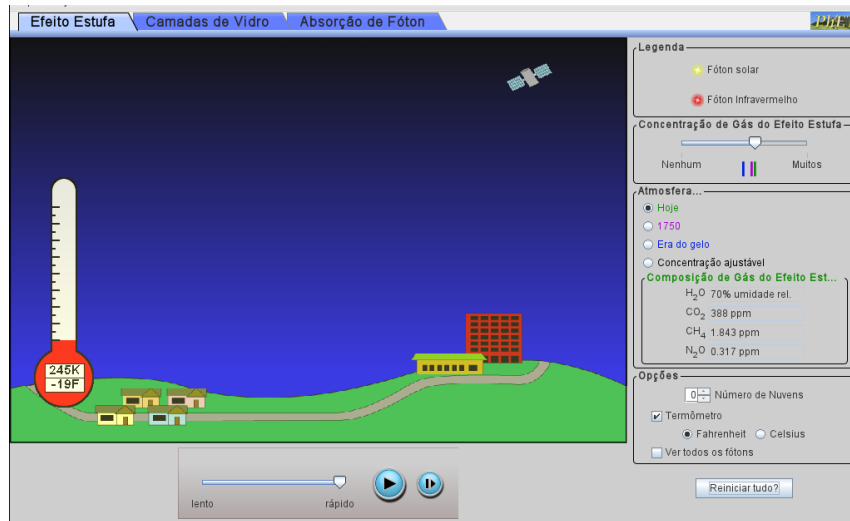


Figura 19: Simulação “O Efeito Estufa”. Fonte: autora.

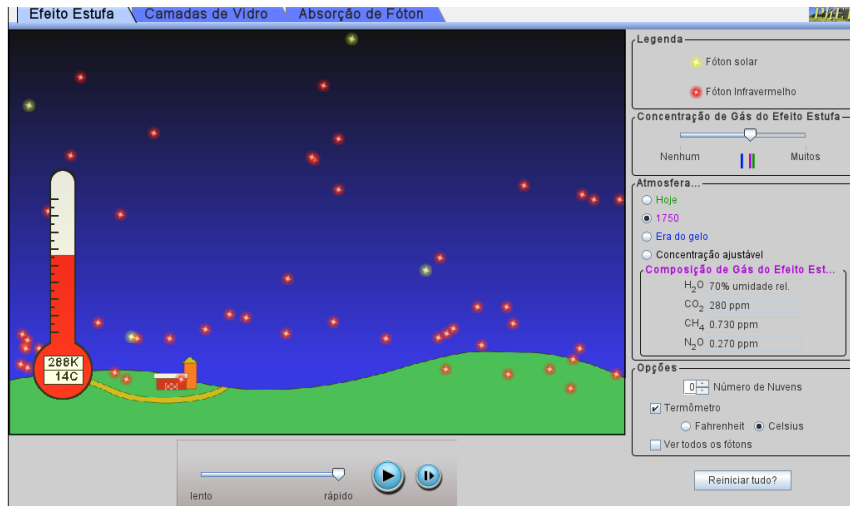


Figura 20: Simulação da temperatura em 1750. Fonte: autora.

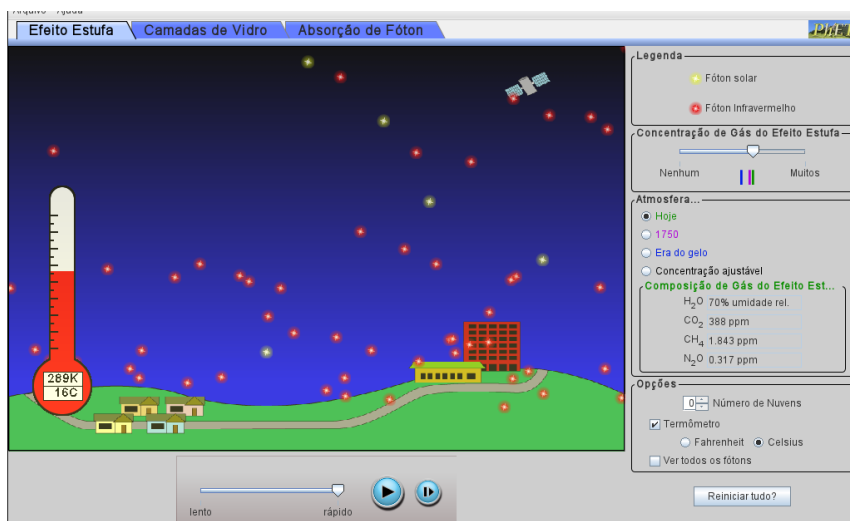


Figura 21: Simulação da temperatura na atualidade. Fonte: autora.

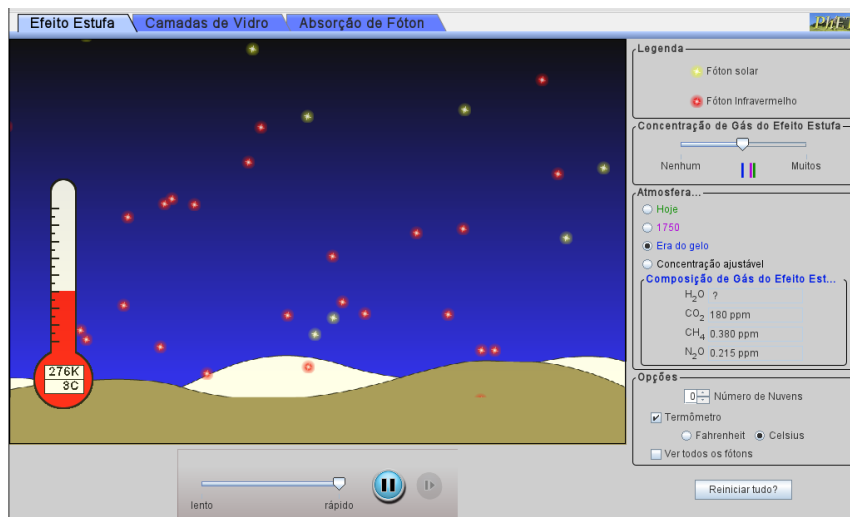


Figura 22: Simulação da temperatura em 1750. Fonte: autora.

3. Explicar como se determina a temperatura de milhares de anos atrás:

Anéis das árvores: Estruturas da madeira armazenam informações sobre temperatura, precipitações, erupções de vulcões e incêndios florestais (FIORAVANTI, 2013). A partir dos anéis das árvores, cientistas reconstruíram o clima da era romana até 1900. A dendrocronologia é a ciência que analisa os anéis marcados nos troncos, possibilitando estabelecer uma correspondência entre a espessura dos anéis, o clima do passado e a sua influência nos eventos históricos com as respectivas datas.

Todo ano, da primavera ao outono, as células sob a casca de uma árvore se dividem, formando um novo anel de crescimento. Se faz calor, a árvore cresce mais forte do que no frio; se estiver seco, cresce menos do que quando chove muito. Os anos frios são indicados por anéis estreitos. No entanto, existem algumas situações onde o crescimento pode não ocorrer e o anel não é formado. Em outros casos, pode ocorrer um período de estresse no meio da estação de crescimento, causando a formação de duas ou mais camadas.

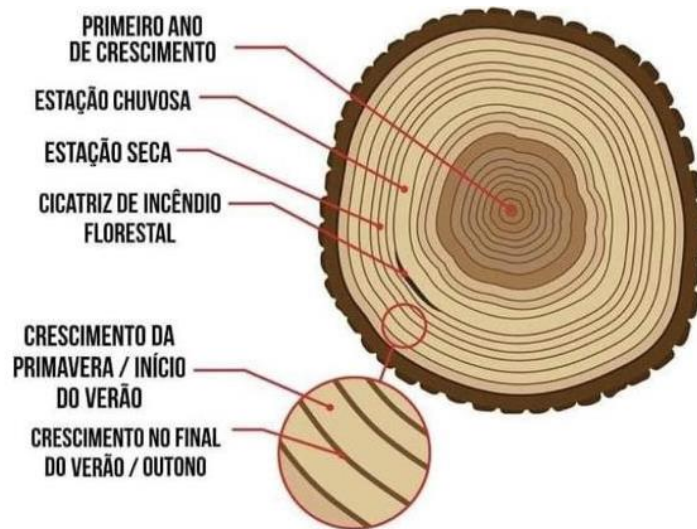


Figura 23 : Anéis de crescimento de árvores. Fonte: <https://www.iguiecologia.com/idade-das-arvores-e-possivel-saber/aneis-dar-arvores-fonte-ecycle-e-uct/>. Acesso: 10/12/2020.



Figura 24: Anéis de crescimento de árvores. Fonte: <https://www.jornalciencia.com/aneis-de-crescimento-de-arvores-podem-prever-o-futuro-sobre-as-proximas-mudancas-climaticas/>. Acesso: 10/12/2020.

- ❖ **Testemunhos de gelo:** São amostras da acumulação de neve e gelo durante milhares de anos, têm sido utilizadas como registros históricos do clima, pois a composição do gelo e das bolhas de ar nele aprisionadas fornecem um testemunho praticamente intocado de condições climáticas passadas (NASA, 2020b). Pode-se



Figura 25: Testemunho de gelo. Fonte: <https://icecores.org/about-ice-cores>. Acesso: 10/12/2020.

analisar: variação da temperatura média superficial do planeta; variabilidade e origem da precipitação; atividade biológica terrestre e marinha; vulcanismo; variabilidade do nível dos mares; entre outros. Em 1999, cientistas da estação Vostok na Antártica analisaram cilindros de gelo que revelaram a relação entre o CO₂ e a temperatura de 400 mil anos, cobrindo quatro eras glaciais, verificando que quando o nível de CO₂ estava alto a temperatura também estava alta.

4. Mostrar dados da relação do aumento do CO₂ e a temperatura no passado. Na Figura 11, a curva em azul indica a concentração de CO₂ e a em vermelho a variação da temperatura. É marcante o aumento de temperatura nos períodos em que as concentrações de CO₂ estiveram mais altas no planeta.

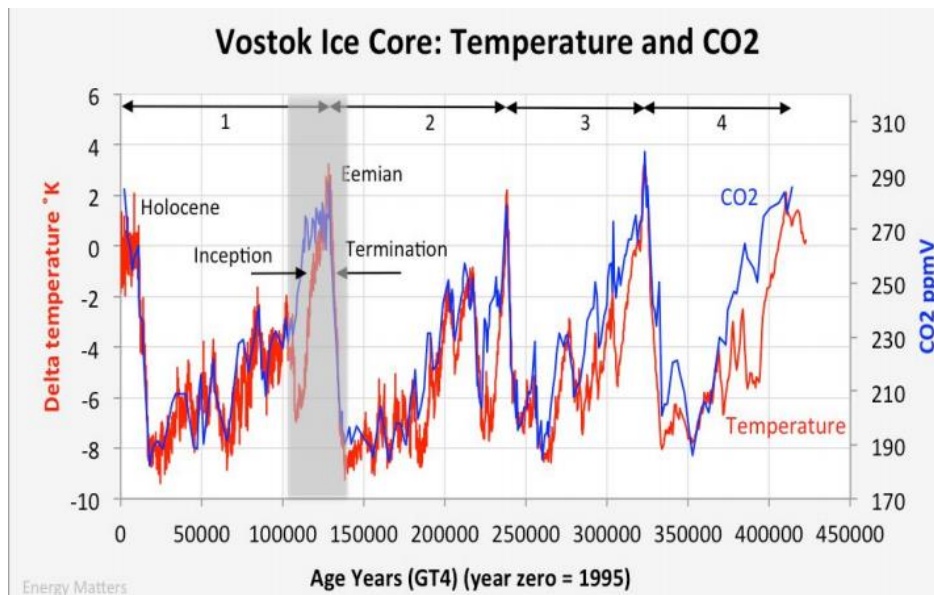


Figura 26: Relação do aumento do dióxido de carbono e a temperatura. Fonte: <https://www.ncdc.noaa.gov>. Acesso: 10/12/2020.

Questionar: “Se a Terra já passou por outros períodos de aquecimento, por que esse período atual que estamos vivendo é diferente?”.

5. Questionar: “O que podemos fazer para que a temperatura média fique estável?”
6. Propor que os alunos pesquisem e busquem colocar em prática atitudes que ajudem o planeta, anotando durante a semana.

Cronograma	Tempo (min)
Simulação “Moléculas e Luz”	10
Simulação “O Efeito Estufa”	10
Explicação	15
Discussão	10

6. Plano de aula 5 - Consequências do aquecimento global e atividade experimental

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

- Conscientizar sobre como nossas ações impactam no meio ambiente;
- Explicar as consequências do aquecimento global em cada região da Terra;
- Realizar a atividade experimental e relacionar com o aumento do nível dos mares e oceanos.

Conteúdos prévios:

1- Efeito estufa e aquecimento global.

Metodologia

O conteúdo será desenvolvido de maneira expositiva, com o auxílio de slides e de uma atividade experimental demonstrativa.

Recursos

- Materiais para a atividade experimental.
- Apresentação em projetor multimídia:
<https://prezi.com/p/hrndjnhwxg0s/consequencias-do-aquecimento-global-no-brasil-e-no-mundo-mnpef/>

Sequência

1. Montar a atividade experimental demonstrativa “Aumento do nível do mar” (no final do plano de aula 5) e deixar a lâmpada acesa.
2. Em seguida, explicar as principais consequências do aquecimento global no mundo, segundo o IPCC, de cada região:

África	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento das secas, agravando as tensões pelo suprimento de água; • Redução da produtividade e aumento de doenças em plantações, afetando a segurança alimentar; • Mudanças na incidência de doenças, por causa do aumento das temperaturas e variabilidade das chuvas.
América do Sul e América Central	<ul style="list-style-type: none"> • Má distribuição de água, afetando a água disponível no semiárido e regiões dependentes do degelo; e aumentando o risco de cheias e deslizamentos por causa de precipitações extremas. • Redução da produtividade das plantações e da qualidade de alimentos; • Propagação de doenças.
América do Norte	<ul style="list-style-type: none"> • Maior risco de incêndios e de mortalidade, por causa do aumento de temperatura e da intensidade de secas; • Enchentes em áreas urbanas e de costa, devido ao aumento do nível do mar e precipitação extrema; • Danos a propriedades e infraestrutura devido a ciclones e outros fenômenos extremos.
Ásia	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da frequência e intensidade das cheias, ocasionando danos na infraestrutura e modos de vida. • Maior risco de mortalidade provocada por altas temperaturas; • Seca e escassez de água e comida.
Australásia	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança na composição e estrutura de recifes de coral na Austrália; • Aumento da frequência e intensidade de danos causados pelas cheias; • Aumento do nível do mar, afetando a infraestrutura costeira e ecossistemas.

<p>Europa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perdas econômicas e população afetadas por cheias de rio e aumento do nível do mar; • Redução de água disponível em rios e do subterrâneo; porém com um aumento da demanda para irrigação, indústrias e uso doméstico. • Eventos de calor extremo, impactando na saúde, plantações, qualidade do ar e aumento de incêndios.
<p>Oceano</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração na distribuição de peixes e outras espécies marinhas; e redução do potencial de pesca; • Risco para a biodiversidade e proteção costeira devido ao branqueamento de corais e aumento de mortalidades, agravando a acidificação oceânica. • Aumento do nível do mar, fenômenos extremos e alterações nas chuvas, causando inundações da costa e perda de habitat para muitas espécies.
<p>Pequenas ilhas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Insegurança alimentar e econômica; • Aumento do nível do mar irá comprometer áreas de baixas altitudes, da costa.
<p>Regiões Polares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças no gelo, afetando os sistemas terrestres e de água doce, e ecossistemas marinhos; • Risco para a saúde da população do Ártico, devido a doenças causadas pelas mudanças do ambiente em que vivem e pela escassez de água e comida. • Desafios para os residentes do norte causados por desastres climáticos e fatores sociais, principalmente onde a taxa de mudança é maior que a adaptativa do sistema.

3. Discutir sobre o derretimento das geleiras e o porquê desse processo aumentar ainda mais a temperatura do planeta.

Derretimento das geleiras

Uma das consequências mais notáveis do aquecimento global é o degelo. As regiões mais afetadas são o Ártico, a Antártida, a Groelândia e várias cordilheiras (ANGELO, 2016).

Pesquisas apontam que a camada de gelo do Ártico tornou-se 40% mais fina e sua área sofreu redução de cerca de 15%. A Antártida perdeu mais de 3 mil quilômetros quadrados de extensão.

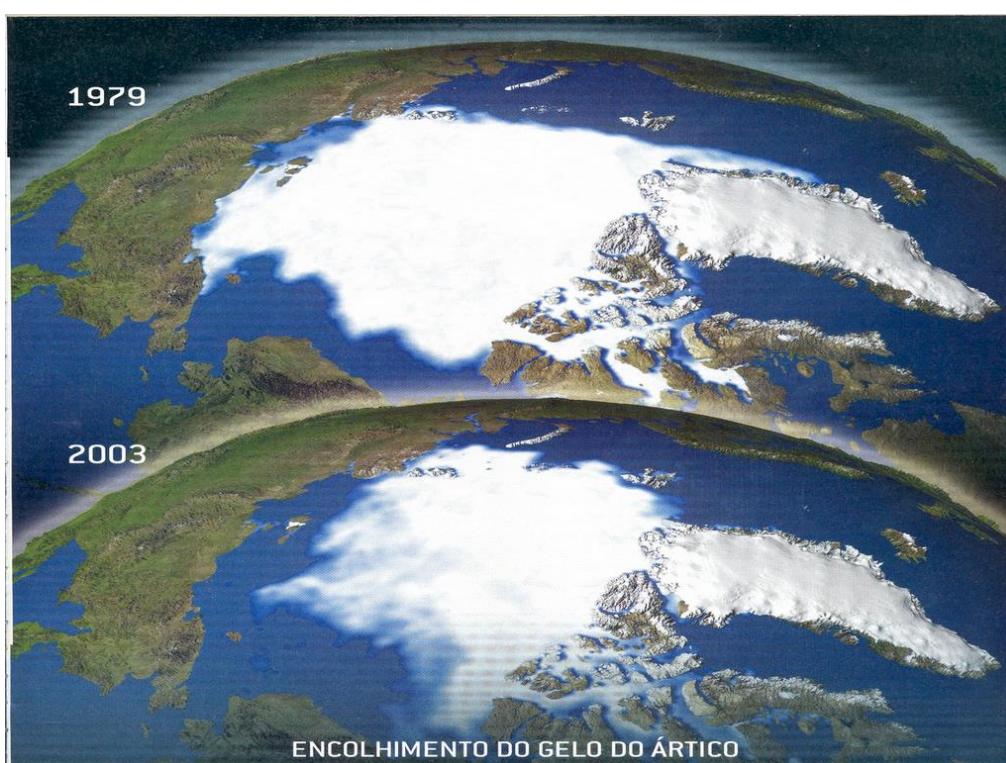


Figura 27 : Encolhimento do gelo Ártico. Fonte: <https://supimatec.wordpress.com/2016/03/29/niveis-de-gelo-no-oceano-artico-atingem-um-novo-marco-alarmante/>. Acesso: 10/12/2020.

A Groelândia também tem sofrido com o aquecimento global, fato preocupante, visto que seu derretimento pode provocar um aumento no nível dos oceanos de até 7 metros.

“O degelo Austral: Ao longo dos tempos, a queda de neve na Antártida resultou em domos de gelo com mais de 3 mil metros de espessura. Quase todo esse gelo deve se manter preservado por muitos séculos. Mas, com o aquecimento climático, as bordas do continente estão desmoronando. Até 2100,

a perda de gelo talvez contribua para o aumento de mais de 1 metro no nível do mar” (DOUGLAS, 2017).

“Se tudo derreter: os mares subiriam 57,6 metros. Mas isso levaria milênios. Pelo atual cenário, a Antártica pode fazer com que os oceanos subam mais de 1 metro no século 21. O ocaso das geleiras em outras partes elevaria isso para 2 metros, o bastante para inundar muitas cidades litorâneas.” (DOUGLAS, 2017)

Um grupo de quatro geleiras em uma área da Antártica Oriental chamada Baía de Vincennes, a oeste da enorme Geleira Totten, diminuiu sua altura de superfície em cerca de 2,7 metros desde 2008, sugerindo mudanças generalizadas no oceano.

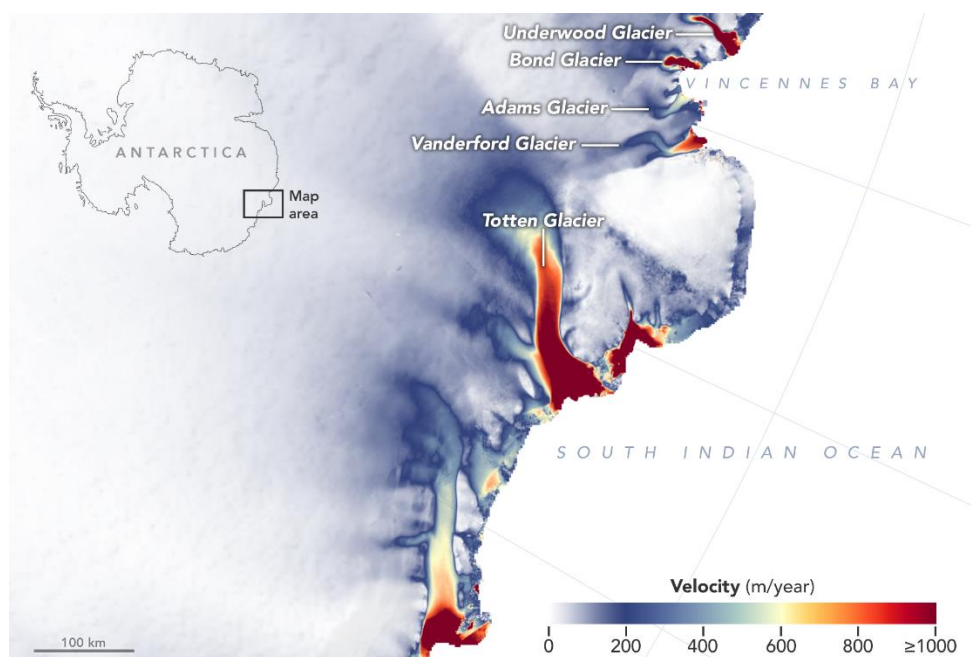


Figura 28: Encolhimento da Geleira Totten. Fonte: <https://climate.nasa.gov/news/2832/more-glaciers-in-east-antarctica-are-waking-up/>. Acesso: 10/12/2020.

O aumento do nível do mar é resultado do aquecimento global através de dois processos principais:

- **Derretimento de massas de gelo:** com o aumento da temperatura, o gelo derrete. O que está nos mares vai permanecer ali, só que em estado líquido. Porém, as massas de gelo que estão sobre Terra firme irão escoar em direção aos mares e oceanos. Aquecimento e degelo reforçam-se mutuamente através

de mecanismos de retroalimentação. Uma vez que o gelo derreteu, a superfície absorverá mais energia, pois o branco do gelo reflete a radiação solar.

O Albedo é o efeito de reflexão da luz solar. Com o derretimento do gelo e da neve, diminui o efeito de Albedo e a quantidade de superfície escura e absorvente de calor é maior. 90% da radiação solar é refletida pela superfície da água quando coberta de gelo e neve, mas apenas 6% é refletido após o gelo derreter e a água encontrar-se a descoberto.

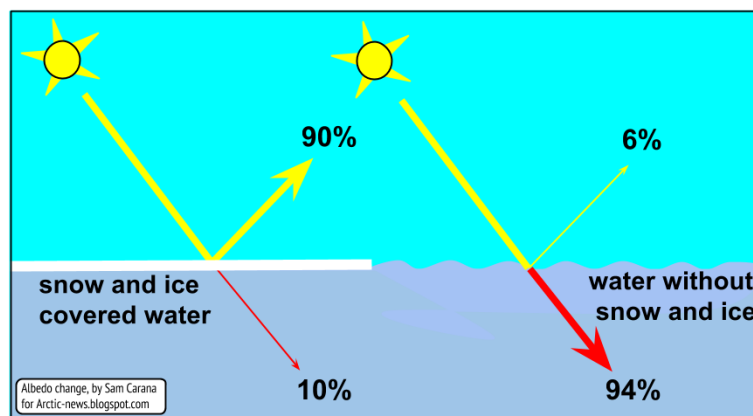


Figura 29: Efeito do Albedo. Fonte: <https://alteracoesclimaticas.wordpress.com/2014/10/10/onde-estamos-um-resumo-do-sistema-climatico-por-paul-beckwith/>. Acesso: 10/12/2020.

- **Expansão térmica:** quando aquecida, a agitação das moléculas da água torna-se mais intensa e a distância entre elas aumenta, consequentemente aumenta o seu volume.

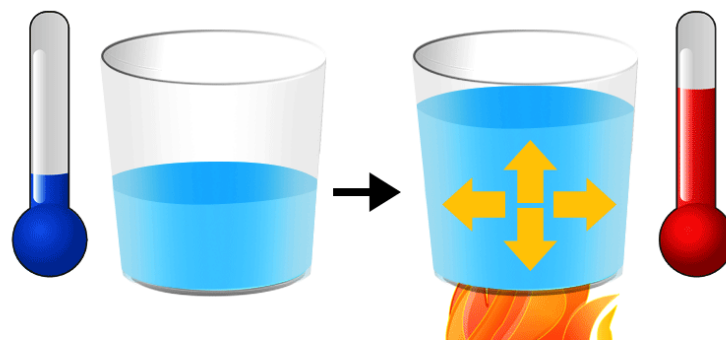


Figura 30: Expansão volumétrica. Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/584623595364513193/>. Acesso: 10/12/2020.

4. Observar o aumento do nível da água do experimento e associar com o aumento do nível do oceano.

Cronograma	Tempo (min)
Montar a atividade experimental	5
Explicar as consequências	30
Relacionar o experimento com o aumento do nível do mar.	10

6.2 Atividade experimental 2: Aumento do nível do mar

Experiência semelhante disponível em:

<https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-warming-water-causes-sea-level-rise/>

Materiais

- 1 garrafa de água transparente
- 1 canudo transparente
- Caneta
- Cola selante
- Fonte de calor (lâmpada ou sol)
- Régua

Montagem

- Coloque o canudo dentro da garrafa, deixando entre 5 e 8cm para fora. Passe cola em volta do canudo para unir e vedar.



Figura 31: Montagem da atividade experimental “Aumento do nível do mar”.

Fonte: autora (2019)

Procedimento

- Coloque água na garrafa, até subir no canudo e passar a borda da garrafa, deixando um espaço vazio na superfície.
- Coloque a garrafa de água no local em que planeja aplicar o calor de uma lâmpada, do sol ou de outra fonte de calor.
- Use a caneta de marcação para marcar uma linha no canudo para indicar a base ou o nível zero da água.



Figura 32: Atividade experimental “Aumento do nível do mar”. Fonte: autora (2019)

- Como mover e apertar a garrafa pode alterar suas medidas, evite mover ou manusear a garrafa quando a linha estiver marcada.
- Aqueça: direcione uma fonte de calor para a garrafa ou coloque-a sob luz solar direta.



Figura 33: Atividade experimental “Aumento do nível do mar”. Fonte: autora (2019)

- Depois de alguns minutos, observe o aumento do nível da água (o tempo vai depender da fonte de calor que for usada).
- Perguntar: O que aconteceu com o nível da água quando a energia térmica foi adicionada? Como isso se relaciona ao aumento da temperatura global e ao aumento do nível do mar?

7. Plano de aula 6 - Atividade final

2º ano do ensino médio

2º semestre de 2019

Objetivos:

Verificar se os alunos tiveram um aprendizado significativo e/ou se mudaram algumas de suas concepções relacionadas com o tema.

Conteúdos prévios:

- 1- Composição atmosférica.
- 2- Efeito estufa e aquecimento global.
- 3- Calor e temperatura.
- 4- Espectro Eletromagnético.

Metodologia

Aplicação de questionário.

Recursos

Quadro-branco.

Sistema de avaliação

O aluno será avaliado através:

1. Participação e dedicação nas respostas do questionário. Terá peso 5 na nota do trabalho 1.

Sequência

- 1- Explicar: Na aula de hoje será aplicado um questionário, que os alunos devem responder de forma individual, sem nenhum tipo de consulta. Esse questionário irá compor os outros 50% restantes da nota do trabalho 1, será avaliada a participação e dedicação nas respostas e deseja-se que eles sejam os mais sinceros possíveis em suas respostas.
- 2- Aplicar o questionário, que deve ser entregue ao final da aula.

Cronograma	Tempo (min)
Explicação	5
Aplicação do questionário	40

Questionário final

1. O efeito estufa é algo bom ou ruim? E o aquecimento global?
2. Quais as causas e consequências do aquecimento global?
3. Qual a Física envolvida nesses fenômenos?
4. Qual a principal fonte de energia da Terra? Fale o que você aprendeu sobre ela.
5. Qual é o tipo de radiação responsável pelo aquecimento?
6. Fale sobre as simulações e experimentos vistos em sala de aula.
7. Como o CO_2 e outros gases estufa se relacionam com o aquecimento global?
8. Como se descobre a temperatura de milhares de anos atrás?
9. O que tem de diferente na Terra hoje em relação ao seu passado?
10. O que você fez essa semana para ajudar o planeta?

8. Considerações Finais

O produto educacional tem como objetivo a reflexão sobre alguns fenômenos atuais e relevantes, que fazem parte do cotidiano dos alunos. Logo, a sequência didática trata do aquecimento global buscando a construção de alguns conceitos físicos e científicos relacionados com o tema. Buscou-se também a distinção dos fenômenos naturais dos antropogênicos, além de como isso tem influência no clima.

Deseja-se que este material se torne uma ferramenta e inspiração para os colegas professores. Facilitando as práticas educacionais no ensino de Física, especialmente do espectro eletromagnético, com apresentações e simulações disponíveis na internet. Além de se tratar de um material didático de baixo custo e de fácil execução, com a proposta de experimentos que podem ser usados materiais reciclados e/ou acessíveis.

O conhecimento físico é aplicado na realidade do aluno de modo diferenciado e interativo, apresentando os conteúdos com recursos diferentes do que se tem normalmente nas aulas de Física. Com a interpretação dos resultados, verificou-se que o uso de diversificadas estratégias de ensino associadas com um tema contextualizado contribuiu para o aprendizado e motivação dos alunos.

9. Referências

ANGELO, CLAUDIO. **A Espiral da Morte: Como a humanidade alterou a máquina do clima**. São Paulo, Companhia das Letras, 2016.

DOUGLAS, FOX. **Antártida sem gelo**. Revista National Geographic Brasil, São Paulo, nº 208, pg. 22-39, 2017.

FIORAVANTI, CARLOS. **Os círculos do tempo**. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, ed. 213, pg. 41-45, 2013.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC. Vol. 3, 2009.

HEWITT, PAUL G. **Física Conceitual**. 12ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2015.

IPCC. **Synthesis Report**. Disponível em: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf. 2014. Acessado em 20/01/2021.

IPCC. Allen, M. R. *et al.* **Global Warming of 1,5 °C**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1/>. 2018. Acessado em 20/01/2021.

JUNGES, A. L.; SANTOS, V. Y.; MASSONI, N. T. **Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da Física para educação básica**. Experiências em Ensino de Ciências, V.13, No.5, 2018.

NASA. **The Causes of Climate Change**. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/causes/>. Acesso em: 20/01/2020a.

NASA. **Core questions: An introduction to ice cores**. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/news/2616/core-questions-an-introduction-to-ice-cores/>. Acesso em: 20/01/2020b.